








	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE


DISEÑO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE “FORTALECIMIENTO DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, ARAUCA”.

Fecha de elaboración mm/dd/aa	Profesional que elaboro	Firma	Profesional (es) interventor(es)
11/22/2022	Diana Guerrero Ingeniera ambiental MP:25238136309 CND		<p>Marvin Eduardo Valencia Coordinador Ing. Sanitaria MP:76237-110500 VLL </p> <p> Mónica Torres Profesional en Contabilidad TP: 209955-T</p> <p> Diego Fernando Marín Especialista Ambiental Abogado MP: 230954 CSJ</p> <p> Gerson Fabian Ortiz Mejo, Experto en SIG Geógrafo MP: (2018) 1196 CPG</p> <p> Raúl Puentes Coordinador de ingeniería Ingeniero Mecánico MP: CN230-90446</p>

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

CONTENIDO

1.	ALCANCE GENERAL Y OBJETIVOS	5
2.	POBLACIÓN BENEFICIADA	5
3.	JUSTIFICACIÓN.....	7
3.1	Frente al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Arauquita	7
4.	DESARROLLO DEL DISEÑO.....	8
4.1	GENERALIDADES DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	8
4.2	CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	9
4.2.1	Esquema de prestación del servicio de recolección y transporte de residuos solidos en el área rural	10
4.2.2	Vida útil de vehículos compactadores zona rural Arauquita, Arauca.....	10
4.2.3	Capacidad de carga de la vía	12
4.3	Definición del Nivel de Complejidad	12
4.3.1	Capacidad económica	12
4.3.2	Proyección de la población (análisis demográfico)	13
4.3.2.4	Cálculos de proyecciones métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	16
4.3.3	Proyecciones población Zona 1	17
4.3.4	Proyecciones población Zona 2.....	18
4.3.4.1	Ajustes de la población proyectada	Error! Bookmark not defined.
4.4	CALCULO DE RESIDUOS	19
4.4.1	Producción per cápita de residuos sólidos generados.....	19
4.4.1.1	Cantidad de residuos generados por día.....	20
4.4.2	Número de usuarios del servicio de aseo actuales y potenciales	22
4.4.3	Determinación de la composición de los residuos	23
4.4.3.1	Caracterización de los residuos.....	23
4.4.3.2	Lugar de presentación y clasificación de la procedencia de residuos	24
4.5	Frecuencias y horarios de recolección	25
4.6	Producción per cápita crítica por usuario.....	26
4.7	Cálculo de número de usuarios del servicio de aseo por manzana	27
4.8	Tipo de generación	27
4.9	Peso específico de los residuos y contenido de humedad	28
4.10	Volumen de los residuos.....	28
4.11	Rendimiento de la recolección.....	30
4.11.1	Tiempo de descarga	30
4.11.2	Tiempos muertos	30
4.12	Horarios de la recolección	32
4.13	Cuadrilla de recolección	32
4.14	Transporte	33

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

4.15	Vehículos actuales para la prestación del servicio de recolección y transporte.....	33
4.15.5	Selección de los vehículos de recolección y transporte	36
4.16	Ruteo del sistema actual.....	37
4.17	Optimización de vehículos	40
4.18	Optimización del ruteo	40
4.19	Cálculo de los tiempos de recolección y recorrido de las rutas	41
5	INFRAESTRUCTURA DE DESTINO.....	46
6	LUGAR DE PARQUEO VEHICULOS	51
7	COMUNICACIÓN	53
8	COMPONENTES FUERA DEL ALCANCE	53
9	CONCLUSIONES	53
10	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Zonas rurales del municipio de Arauquita – Arauca, priorizadas para el fortalecimiento de la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos	6
Tabla 2.	Veredas del municipio de Arauquita - Arauca que se beneficiarán con el fortalecimiento de la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos.....	6
Tabla 3:	Vida útil de los vehículos.....	12
Tabla 4.	Población rural de la ZONA 1 de prestación del servicio de recolección y transporte, Arauquita Arauca	13
Tabla 5.	Población rural de la ZONA 2 de prestación del servicio de recolección y transporte, Arauquita Arauca	14
Tabla 6.	Censos poblacionales oficiales en Colombia.....	16
Tabla 7.	Calculo de las tasas de crecimiento métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	16
Tabla 8.	Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	17
Tabla 9.	Proyección de población Zona 1, promedio métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	18
Tabla 10.	Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	18
Tabla 11.	Proyección de población Zona 2, promedio métodos Aritmetico, Geométrico y Wappaus	19
Tabla 12.	Proyección de población ajustada Zona 1 y Zona 2, zona rural Arauquita Error! Bookmark not defined.	
Tabla 13.	Residuos generados y dispuestos en el Relleno Sanitario Error! Bookmark not defined.	
Tabla 14.	Censos poblacionales oficiales en Colombia.....	20
Tabla 15.	PPC para zona 1 y zona 2.....	21
Tabla 16.	Usuarios potenciales Zona 1 y Zona 2, zona rural Arauquita.....	23
Tabla 17.	Caracterización de los residuos sólidos en zona rural del municipio de Arauquita - Arauca	23
Tabla 18.	Peso específico por tipo de residuo, adaptado de la tabla F.1.5. del RAS	28
Tabla 19.	Volumen de residuos por usuario para el tiempo crítico, en litros	28
Tabla 20.	Número de bolsas y número de rutas para Zona y y Zona 2	29
Tabla 21.	Número de rutas de recolección en Zona 1 y Zona 2	29
Tabla 22:	Zona 1 tiempo de viaje	30
Tabla 23:	Zona 2 tiempo de viaje	31
Tabla 24;	Zona 1 tiempo a garaje	31



	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Tabla 25: Zona 2 tiempo a garaje	32
Tabla 26: Descripción vehículo de recolección EMSAP E.S.P	34
Tabla 27: Descripción vehículo de recolección EMCUSAY E.S.P	35
Tabla 28 Descripción vehículo de recolección ECADES E.S.P	35
Tabla 29: Descripción vehículo de recolección ECAAPAM E.S.P	36
Tabla 30. Descripción de tiempos	42
Tabla 31: Tiempo Total Recorrido (Minutos) zona 1	42
Tabla 32: Tiempo Total Recorrido (Minutos) Zona 2	42
Tabla 33: Frecuencia y días de recolección zona 1	43
Tabla 34: Frecuencia y días de recolección zona 2	43
Tabla 35: Resumen macrorrutas zona 1	44
Tabla 36: Resumen macrorrutas zona 2	45
Tabla 37: Aspectos generales relleno sanitario del Piedemonte Araucano	47
Tabla 38. Coordenadas relleno sanitario	47
Tabla 39: Distancias centros poblados y caseríos hasta el Relleno Sanitario	48
Tabla 40: Distancia veredas	48
Tabla 42: Coordenadas base de operaciones ZONA 1 ECADES E.S.P (La Esmeralda)	52
Tabla 44: Coordenadas base de operaciones ZONA 2 EMCUSAY E.S.P (Puerto Jordan)	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	17
Ilustración 2. Proyección de población Zona 2, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus	19
Ilustración 3. Proyección de población ajustada Zona 1, zona rural Arauquita Error! Bookmark not defined.	
Ilustración 4. Proyección de población Zona 2, zona rural Arauquita Error! Bookmark not defined.	
Ilustración 5. Caracterización general de los residuos sólidos rurales	24
Ilustración 6. vehículo para recolección actual EMSAP E.S.P	34
Ilustración 7. vehículo para recolección EMCUSAY E.S.P	34
Ilustración 8. vehículo para recolección ECADES E.S.P	35
Ilustración 9. Vehículo para recolección ECAAPAM E.S.P	36
Ilustración 10 : Entrada relleno sanitario	50
Ilustración 11: Vía al interior del relleno sanitario	50
Ilustración 12: Vista perfil celdas relleno sanitario	50
Ilustración 13. Relleno Sanitario regional vereda La Ceiba	51
Ilustración 14. Ubicación zona de parqueo ECADES E.S.P	51
Ilustración 15. Ubicación zona de parqueo EMCUAY E.S.P	52

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

1. ALCANCE GENERAL Y OBJETIVOS

En el presente documento denominado “DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA – ARAUCA” se establecen los criterios de diseño para la prestación de los servicios de recolección y transporte de residuos sólidos ordinarios en los sectores señalados en la Tabla 1, así como las herramientas para la futura prestación del servicio en el marco del proyecto “FORTALECIMIENTO DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, ARAUCA”, esto con el fin de:

- Garantizar que el proyecto aporte a la satisfacción de una necesidad real de demanda del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos en las zonas priorizadas.
- Garantizar la calidad en la prestación de dicho servicio a la población rural priorizada del municipio de Arauquita.
- Prestar eficaz y eficientemente el servicio.
- Garantizar la oportunidad y continuidad en la prestación del servicio.
- Garantizar que el fortalecimiento en la prestación del servicio sea sostenible en el tiempo.
- Mitigar y/o evitar contaminación ambiental y sus consecuencias sobre las condiciones de salud pública de las zonas.
- Establecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso al servicio y su participación en la gestión y fiscalización de la prestación.

Así las cosas, se hará la planeación integral del servicio de recolección y transporte, de tal forma que se garantice el manejo adecuado de los residuos sólidos desde la presentación de estos en los lugares de recolección, hasta la entrega de estos en el sitio de disposición final.


Lo anterior, de manera armónica con los instrumentos de planificación municipal como lo son el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT y el Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Arauquita, además dando cumplimiento a la normatividad asociada como lo es el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS adoptado por la Resolución 330 de 2017, modificada parcialmente por la Resolución 799 de 2021, el Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio” y demás normas aplicables al proyecto.

Es de aclarar que los componentes que hacen parte de este diseño no requieren de trámites de licenciamiento ambiental, ni permisos de aprovechamiento de recursos ante Autoridades Ambientales.

El alcance del mismo no involucra el desarrollo de alternativas de aprovechamiento, transferencia u otros, sin detrimento que ello se pueda a desarrollar a futuro como proyecto complementario.

2. POBLACIÓN BENEFICIADA

Los sectores de la población que se beneficiarán directamente del diseño de recolección y transporte de residuos sólidos, con miras al fortalecimiento de su prestación, corresponden específicamente a población rural del municipio de Arauquita (Arauca) distribuida en 14 centros poblados, 4 caseríos, un batallón y dos

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

zonas de población rural dispersa (buffer de 200 metros a lado y lado por donde transita el vehículo de recolección), los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Zonas rurales del municipio de Arauquita – Arauca, priorizadas para el fortalecimiento de la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos

Centro Poblado / Sector	Unidad Territorial	Población CENSO 2018 corregido
La Esmeralda (Jujua) *	Centro Poblado	3.720
La Pesquera *	Centro Poblado	1169
El Troncal *	Centro Poblado	581
El Campamento *	Centro Poblado	180
San Lorenzo *	Centro Poblado	389
Aguachica *	Centro Poblado	470
El Oasis *	Centro Poblado	394
La Paz *	Centro Poblado	800
Los Chorros *	Centro Poblado	179
El Triunfo *	Centro Poblado	183
La Victoria **	Caserío	185
Población rural dispersa (zona 1)	-	244
Panamá de Arauca *	Centro Poblado	1.737
Las Cruces **	Caserío	64
Brisas del Caranal *	Centro Poblado	61
El Futuro**	Caseríos	79
El Temblador**	Caseríos	104
Los Colonos *	Centro Poblado	146
Pueblo Nuevo (Puerto Jordán) *	Centro Poblado	7.183
Batallón Ejército	Gran generador	1.413
Población rural dispersa (zona 2)	-	113
POBLACIÓN TOTAL POR BENEFICIAR *		19.394

* Fuente: Censo DANE 2018 corregido (ver documento anexo"1 análisis demográfico")


** Fuente: estimados a partir de fotografías satelitales, conteo de número de viviendas y estimación de habitantes para una densidad de 3,6 h/H (habitantes por hogar)

*** Fuente: estimados a partir de un buffer de 200m a lado y lado de la carretera donde se realiza recolección y una densidad de 0,07 h/ha (habitantes por hectárea)

Por otro lado, los beneficiarios indirectos de este fortalecimiento corresponden a un total de 33 veredas en las que se pueden mitigar o reducir los problemas ambientales y de salud pública susceptibles de ocurrir por el manejo o la gestión inadecuada de los residuos sólidos, estas veredas se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Veredas del municipio de Arauquita - Arauca que se beneficiarán con el fortalecimiento de la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos

Veredas					
1	Puerto Rico	12	El Recreo	23	Campo Alegre

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Veredas					
2	Tropicales	13	Los Chorros	24	La Pica
3	Gaviotas de la Reserva	14	El Triunfo	25	Las Bancas
4	San José de Caranal	15	San Luis de Los Palmares	26	Puerto Nuevo
5	Santa Isabel	16	La Colorada	27	Las Acacias
6	Mata de Coco	17	La Granja	28	La Paz
7	Unión de los Cardenales	18	La Esmeralda	29	Los Colonos
8	Los Jardines	19	San Carlos	30	Los Almendros
9	El Oasis	20	Tutumal	31	Aeguaney
10	Rosa Blanca	21	Campamento	32	Peralonso
11	Aguachica	22	San Lorenzo (Baja Bandia)	33	Guaymaral

Fuente: adaptada por el autor, 2022

3. JUSTIFICACIÓN

Se requiere el fortalecimiento y la ampliación de los servicios de “recolección y transporte de residuos sólidos” que ya se vienen prestando por parte de Empresas Prestadoras de Servicios públicos rurales en más del 95% de la zona priorizada, con lo cual se espera cumplir requerimientos técnicos, económicos, sociales, ambientales, financieros, de riesgo y normativos, que se vean reflejados en la mejora de la cobertura, eficiencia, calidad y continuidad del servicio y a su vez en la satisfacción de los usuarios.


En el documento de diagnóstico de la prestación del servicio, se describió como los sistemas de recolección y transporte de residuos que actualmente existen en las zonas de interés, no tienen la capacidad suficiente para garantizar los requerimientos antes descritos y por ello los prestadores vienen haciendo esfuerzos desgastantes técnica y económicamente por mantener el servicio e incluso por ir aumentando la cobertura de este, sin que ello haya sido técnica y operativamente adecuado. Un ejemplo de ello, son las adaptaciones artesanales a los vehículos que no tienen las condiciones adecuadas para contener lixiviados, que no garantizan la higiene y seguridad industrial a operarios, que los mantenimientos de los vehículos vienen dándose de manera correctiva y no preventiva, pues hay trabajo excesivo de estos vehículos, entre otros aspectos que deben ser mejorados, pues han conllevado al incumplimiento de cronogramas (días y frecuencias de recolección) en detrimento de la calidad y continuidad de la prestación del servicio y de las condiciones sanitarias o de salud pública pues se favorecen ambientes para la proliferación de vectores y propagación de olores ofensivos.

Lo anterior, más allá del de lo descrito, también se ve reflejado en bajos índices de recaudo, cartera de morosos, reclamos con rebajas en el pago, retiro de suscriptores y otros que se pueden revertir con el desarrollo del proyecto ajustado a la realidad del territorio.

3.1 Frente al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Arauquita

Velando que el proyecto se encuentre alineado con lo establecido en el instrumento de la gestión integral de residuos sólidos PGIRS del municipio de Arauquita, adoptado mediante Decreto No. AA-D*100.04-125 de diciembre 18 de 2015, se encontró que el proyecto aporta al cumplimiento de metas de los siguientes proyectos:

- Fortalecimiento técnico, administrativo y financiero de la empresarización del servicio de aseo en el sector rural. (Programa “Gestión de Residuos en el área rural”).

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

- Modernización del parque automotor mediante la adquisición de dos (2) vehículos recolectores (16 yd³) para la recolección y transporte de residuos sólidos en centros poblados factibles - sector rural. (Programa “Gestión de Residuos en el área rural”).
- Diseño e implementación de estrategias de información, educación y comunicación para fomentar el adecuado manejo de residuos sólidos en el espacio público del municipio de Arauquita. (Programa “Gestión de Residuos en el área rural”).

De los tres aspectos antes mencionados, en el documento se desarrollará el diseño para la modernización de los vehículos de recolección y transporte de residuos en áreas rurales, así como la implementación e estrategias de información, educación y comunicación para fomentar el manejo adecuado de residuos.

4. DESARROLLO DEL DISEÑO

En el presente documento se muestra el desarrollo del diseño de la recolección y el transporte de residuos sólidos para las zonas de interés del proyecto, con todas las apreciaciones y consideraciones de la realidad, biofísica, socioeconómica y cultural de los diferentes sectores, evidenciada tanto en documentos secundarios como en el desarrollo de jornadas de campo considerando la participación de todos los actores involucrados en este.

4.1 Generalidades del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos

La recolección de residuos es un componente del servicio público de aseo, el cual se presta mediante un vehículo recolector que debe cumplir las condiciones técnicas para ello y con personal operativo (cuadrilla) capacitado y dotado de los implementos adecuados, en el que se ejecuta la acción de ir acopiando en el vehículo las bolsas con residuos que los usuarios han dejado en la acera o en lugares de almacenamiento colectivo diseñados para ello, las cuales se destinarán para un manejo sanitariamente adecuado.


El transporte de residuos es complementario a la recolección, pues corresponde a la acción de llevar la totalidad de residuos recolectados, a un sitio donde se de manejo adecuado a estos, que para el caso de Arauquita es el Relleno Sanitario Regional del Piedemonte Araucano, localizado en el mismo municipio.

La recolección y el transporte de residuos sólidos son de las actividades más importantes de la prestación del servicio de aseo y presupuestalmente es la que mayores recursos demanda, por lo cual, si se garantiza una prestación adecuada en términos de eficiencia de recursos, se generará un equilibrio entre los costos y el beneficio obtenido, dado que es una actividad cotidiana. Además, a través de este se reducen los problemas sanitarios de la zona rural del municipio.

Para el diseño del servicio en las zonas definidas, se tuvo en cuenta un primer y determinante aspecto y es que, se trata de centros poblados rurales muy distantes entre sí y de zonas rurales muy dispersas, pero que cuentan con infraestructura vial para poder llegar a estos y hacer la recolección y posterior transporte de estos residuos.

Así mismo se tuvieron en cuenta que en la zona ya hay unos prestadores del servicio de aseo constituidos como ESP y que la Secretaría de Servicios Públicos del municipio garantiza la prestación de un servicio rural a través de ellos.

Estos y otros aspectos de base fueron descritos previamente en el documento de “DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DE 33 VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA –

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

ARAUCA”, el cual resume la situación actual de la prestación de dicho servicio en zona rural del municipio y en el cual se ponen en evidencia aspectos a fortalecer de la capacidad administrativa, financiera, técnica y operativa, pero con el importante punto de partida de contar con un sitio de disposición final de residuos sólidos ordinarios y con unos prestadores que han avanzado de una manera importante en la cultura del manejo de los residuos.


4.2 Consideraciones generales del diseño de la recolección y transporte de residuos sólidos

Se revisó lo establecido en el Decreto 1077 de 2015, “Subsección 3 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE”, “ARTÍCULO 2.3.2.2.3.27. Requisitos de la actividad de recolección”, entre los cuales se destacan los siguientes requisitos:

- “La recolección deberá efectuarse de modo tal que se minimicen los impactos, en especial el ruido y se evite el esparcimiento de residuos en la vía pública, cumpliendo la normativa vigente (...)”.
- “Para garantizar la actividad de recolección, las personas prestadoras deberán contar con los equipos y mecanismos suficientes que garanticen la suplencia en los casos de averías y el mantenimiento de los mismos. Estos equipos deberán cumplir con las características de los vehículos recolectores definidas en este decreto. El servicio de recolección de residuos no podrá ser interrumpido por fallas mecánicas.”
- “El servicio de recolección de residuos (...) se prestará de acuerdo con lo establecido en el PGIRS (...)”
- “La operación de compactación deberá efectuarse en zonas donde causen la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación podrá realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales.”
- “Será responsabilidad de la persona prestadora del servicio público de aseo capacitar al personal encargado del manejo de residuos, dotarlo de equipos de protección personal, identificación, uniformes de trabajo con aditamentos reflectivos y demás implementos, así como condiciones conforme a la normativa vigente en materia laboral y de salud ocupacional.”
- “Los lixiviados almacenados en el vehículo que se originen durante la recolección y transporte de los residuos sólidos ordinarios serán depositados en el sitio de disposición final para su respectivo tratamiento.”
- “Cuando la recolección sea manual, el proceso de recolección deberá cumplir con lo dispuesto en las normas sobre seguridad industrial.”

En el “ARTÍCULO 2.3.2.2.3.28. Sistemas de recolección” del mismo Decreto, se estableció que “la recolección de residuos debe realizarse a partir de su presentación en la acera, unidades de almacenamiento o cajas de almacenamiento. Cuando existan, restricciones de acceso para los vehículos recolectores, el prestador, previa evaluación técnica, podrá realizar la recolección utilizando cajas de almacenamiento, o cualquier sistema alternativo que garantice su recolección.”

En el “ARTÍCULO 2.3.2.2.3.29. Recolección en zonas suburbanas, rurales y centros poblados rurales” del mismo Decreto, se establecieron entre otras las siguientes condiciones para la prestación del servicio:

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

- *“Existencia de vías adecuadas, de tal manera que se pueda hacer la recolección domiciliaria a lo largo de estas o al menos en sitios de almacenamiento colectivo previamente convenidos con la comunidad.”*
- *“En los sitios de almacenamiento colectivo debe haber condiciones de maniobrabilidad para los vehículos recolectores y de fácil acceso para los usuarios.”*
- *“La ubicación del sitio para el almacenamiento colectivo no debe causar molestias e impactos a la comunidad vecina.”*
- *“(…) La frecuencia, día y hora de recolección debe ser de obligatorio cumplimiento por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo con el fin de evitar la acumulación de residuos sólidos en estos sitios.*

Para el diseño también se tuvo en cuenta los lineamientos establecidos en Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, emitido por el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2012), específicamente el “TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano”, “Guía Ras-001: Definición del Nivel de complejidad ...” y la “Guía RAS – 002: Identificación, justificación y priorización de proyectos”.

Así las cosas, el diseño que se desarrollará a continuación está basado en un diagnóstico realizado tanto de la situación institucional, administrativa, financiera, técnica, ambiental y en general del esquema para la prestación del servicio de recolección y transporte actual en el área rural del municipio de Arauquita, el cual permitió identificar los aspectos por mejorar y la búsqueda de una solución técnica al manejo de residuos en la zona y a las condiciones de salud pública asociadas.


Puesto que en ningún documento hay una guía específica que se adapte a las necesidades del proyecto, el diseño presentado en este documento adapta criterios técnicos aplicables a la información existente y las características de la población y de la zona.

4.2.1 Esquema de prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos en el área rural


Como se mencionó en el documento “1 Diagnóstico “ La Alcaldía de Arauquita planteó un nuevo esquema para la prestación de los servicios de recolección y transporte en función de principios como soluciones colectivas, eficiencia en los recursos, calidad del servicio, cobertura del servicio, continuidad y satisfacción de usuarios; todo lo anterior en busca de cumplir disposiciones normativas y operativas que permitan mejorar el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos. Así las cosas, establecieron dos zonas de prestación, en las cuales se agrupan los centros poblados o caseríos en función de las distancias entre sí y la cantidad de residuos que se generan, las cuales se muestran en la tabla 4 y tabla 5. Es así que el presente diseño de la recolección y transporte se ajusta al esquema planteado por lo cual se recomienda dirigirse al documento “ESQUEMA DE PRESTACIÓN ACTUAL” en el cual se expone el detalle el mismo.

4.2.2 Vida útil de vehículos compactadores zona rural Arauquita, Arauca.

Para diseñar la capacidad de los vehículos requeridos para la recolección y el transporte de residuos sólidos en zona rural de Arauquita-Arauca, se estableció como vida útil de los mismos “8 años”, tiempo que no está asociado a condiciones financieras del proyecto (como depreciaciones o retorno), sino meramente al deterioro de este vehículo considerando lo siguiente:

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

- De acuerdo con datos del fabricante un camión compactador de residuos tiene una vida útil de 25.000 horas de trabajo bajo condiciones óptimas de operación y de mantenimiento preventivo y correctivo.
 - El vehículo en Zona 1 operará en turnos diurnos promedio de 8 horas, 6 días a la semana y el de la Zona 2 un promedio de 9 horas también 6 días a la semana. Considerando que un año tiene 52 semanas, se realiza la respectiva operación determinando que en la Zona 1 un vehículo está operando un total de 2.496 horas/año y en Zona 2.808 horas/año sin ningún tipo de imprevisto.
 - Se consideran factores de la realidad local como:
 - Hay una sola vía de acceso perimetral al Relleno Sanitario del Piedemonte Araucano y si algo ocurre en ella se generan demoras en el desarrollo de los recorridos.
 - Se presentan frecuentes imprevistos de seguridad como cilindros bomba u otro tipo de atentados que detienen el tráfico por un tiempo indefinido y dependiendo de lo oportuno de la atención por parte de las autoridades competentes.
 - Hay ferias y fiestas en los diferentes centros poblados que durante su desarrollo pueden alterar la movilización de los vehículos.
 - En época de lluvia hay inundaciones en las vías que pueden ocasionar demoras en los recorridos.
 - Hay presencia de baches en las vías ocasionados por las inundaciones y el paso de vehículos de carga pesada.
 - Hay unas condiciones de alta humedad ambiental y precipitaciones que por la exposición a la intemperie van generando procesos oxidativos principalmente en la tolva.
 - En general las vías terciarias no están pavimentadas, presentándose algunos puntos deteriorados que con el tiempo ocasionarán un aumento en el deterioro del vehículo.
 - Las distancias al relleno sanitario
 - A medida que pasa el tiempo, aumenta la probabilidad de sufrir averías, siendo las más frecuentes:
 - Las deficiencias en el peine que eleva los contenedores, la prensa, que se para o funciona con anomalías y fallos con frecuencia en los estribos en los que van los operarios.
 - Otras incidencias propias del desgaste, que implican el cambio de diferentes piezas mecánicas, además de las habituales reposiciones del sistema de frenado y el embrague, entre otras.
 - El hecho de pasar por diferentes operarios o conductores ocasiona incidencias difíciles de reparar, tanto desde el punto de vista mecánico como del cambio de piezas de repuesto, pues cuenta la pericia y el cuidado de quien opera el camión de recolección.
 - Se debe evitar sobrecarga de los vehículos pues esto podría acelerar la llegada a la vida útil.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

Así las cosas, se estableció que se adicionaría un 5% del tiempo anual, obteniéndose el cálculo que se muestra en la tabla

Tabla 3: Vida útil de los vehículos

Variable	Zona 1	Zona 2
Promedio de operación (h/día)	8	9
Tiempo de operación (días / semana)	6	6
Tiempo de operación (horas / año)	2.496	2.808
Incremento por imprevistos (10%) (horas/año)	249,6	280,8
Total operación anual (horas / año)	2745,6	3088,8
Vida útil de los vehículos (años)	9,1	8,09
Promedio de vida útil	8 años	

Fuente: Autor, 2022

Se determinó un incremento del 10% pues hay varios imprevistos con importante posibilidad de ocurrencia, alta exposición a la intemperie, regular estado de vías, entre otros, que existe la posibilidad que lleven a reducir el tiempo de vida útil de los camiones, el cual podrá ser revisado con el pasar del tiempo por parte de la Alcaldía de Arauquita, como propietario del bien.

Por lo anterior, el promedio de vida útil de los vehículos es de 8 años, puesto que al promediar zona 1 y zona 2 la unidad o número entero mínimo alcanzado es 8.

4.2.3 Capacidad de carga de la vía


Las vías internas y de acceso a los centros poblados y caseríos del alcance del proyecto están aptas para el tránsito de vehículos de carga pesada, los cuales son vehículos que vienen transitando este territorio con carácter cotidiano, adicionalmente caben mencionar que el municipio a través de la Secretaría de Planeación realiza mantenimiento rutinario a dichas vías.

4.3 Definición del Nivel de Complejidad

4.3.1 Capacidad económica

Para establecer la capacidad económica de la población en la zona de interés del proyecto, se debe identificar un mecanismo por el cual se pueda asociar la población a un nivel socioeconómico a partir de una mínima información disponible, por lo cual se tomó como referencia la estratificación.

La información fue obtenida de los prestadores del servicio público de aseo del área rural de Arauquita, quienes durante las visitas de campo aportaron la estratificación socioeconómica utilizada actualmente para la facturación de los servicios públicos de agua y saneamiento. Lo anterior, teniendo en cuenta la falta de resultados del proceso de actualización de estratificación del municipio, que se adelanta para la actualización del PBOT.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

De acuerdo con la información aportada por los prestadores del servicio, se pudo observar que el 100% de los usuarios residenciales se encuentran entre los estratos 1 y 2 y que incluso más del 95% de la población es estrato 1.

4.3.2 Proyección de la población (análisis demográfico)

Para los datos de población de los centros poblados y caseríos de interés, durante el diagnóstico nos encontramos con las siguientes situaciones:

- Vacíos y falta de actualización de información poblacional en el PBOT municipal.
- Hasta el censo del año 2005, el DANE solamente venía reportando población de zona rural y zona urbana, sin que se discriminaran centros poblados. Es hasta el censo 2018 que se hace esta discriminación de población de centros poblados rurales.
- Ausencia de censos de suscriptores potenciales de los diferentes servicios.
- Información del SISBEN desactualizada e incompleta.
- Las entidades visitadas y entrevistadas nos señalaron que el censo del DANE de 2018 no coincide con la realidad de los sectores, debido a que hubo población no censada por las dificultades de orden público y otros porque no quisieron ser censados, es decir está subestimada.

Por lo anterior, se procedió a tomar la información de la siguiente manera:


- Calcular y aplicar un factor de corrección a la población que actualmente está en el área de prestación, este cálculo tiene lugar en el documento anexo “1 análisis demográfico”. Es así que se toma como base de cálculo para el presente documento la corrección ahí hecha.

Como se mencionó en el diagnóstico y teniendo en cuenta la eficiencia requerida para la prestación del servicio de recolección y transporte en zonas discontinuas, la población objetivo está dividida en dos zonas geográficas que a continuación en la Tabla 4 y ** La población rural dispersa se obtiene a partir de la delimitación de un buffer de 200 metros a lado y lado de la vía por donde transita el vehículo de recolección

Tabla 5 se puede observar su estimación para el año 2018.

Tabla 4. Población rural de la ZONA 1 de prestación del servicio de recolección y transporte, Arauquita Arauca

ZONA 1 - RURAL ARAUQUITA			
Prestador	Centro Poblado / Sector	Unidad Territorial	Población CENSO 2018 Corregida
ECADES E.S.P	La Esmeralda (Jujua)	Centro Poblado	3.720
EMSAP E.S.P	La Pesquera	Centro Poblado	1169
AGUAVIVA E.S.P	El Troncal	Centro Poblado	581
	El Campamento	Centro Poblado	180
	San Lorenzo	Centro Poblado	389
ECAAAOA E.S.P	Aguachica	Centro Poblado	470
	El Oasis	Centro Poblado	394
	La Paz	Centro Poblado	800

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

	Los Chorros	Centro Poblado	179
	El Triunfo	Centro Poblado	183
	La Victoria	Caserío	185
Cada empresa según recorrido	Población rural dispersa*	-	244
Total Población Zona 1			8.494

Fuente: DANE 2018 y el autor

** La población rural dispersa se obtiene a partir de la delimitación de un buffer de 200 metros a lado y lado de la vía por donde transita el vehículo de recolección

Tabla 5. Población rural de la ZONA 2 de prestación del servicio de recolección y transporte, Arauquita Arauca

ZONA 2 - RURAL ARAUQUITA			
Prestador Actual	Centro Poblado / Sector	Unidad Territorial	Población CENSO 2018 corregida
ECAAPAM ESP	Panamá de Arauca	Centro Poblado	1.737
	Las Cruces	Caserío	64
	Brisas del Caranal	Centro Poblado	61
	El Futuro	Caserío	79
	El Temblador	Caserío	104
	Los Colonos	Centro Poblado	146
EMCUSAY E.S.P.	Pueblo Nuevo (Puerto Jordan)	Centro Poblado	7.183
	Batallón Ejército *	Gran generador	1.413
ECAAPAM ESP	Población rural dispersa**	-	113
Total Población Zona 2			10.900


Fuente: DANE 2018 y el autor

** La población rural dispersa se obtiene a partir de la delimitación de un buffer de 200 metros a lado y lado de la vía por donde transita el vehículo de recolección

Por lo anterior y teniendo en cuenta la vida útil de un vehículo compactador se proyecta a un término de ocho años, la proyección de población se realizará para el octenio 2023 – 2030, garantizando que estos suplan la demanda de recolección y transporte en el periodo correspondiente, independientemente si este llegue a tener una vida útil con mayor proyección.

Así las cosas, para establecer esta proyección, se hizo uso de los métodos recomendados por el RAS, correspondiente a los métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus.

A continuación, se hace una descripción de los métodos de cálculo mencionados:

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

4.3.2.1 Método Aritmético

En este método, la población aumenta con una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que a la población del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada período en el futuro y gráficamente representa una línea recta.

Este método es aplicable a pequeñas localidades, en especial rurales y ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de desarrollo futuro casi nulas. Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \cdot (T_f - T_{uc})$$

Donde:

- Pf = población (habitantes) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población
- Puc = población (habitantes) correspondiente al año último año censado con información
- Pci = población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información
- Tuc = año correspondiente al último censo con información
- Tci = año correspondiente al censo inicial con información
- Tf = año al cual se proyecta la información
- Ka = Es la tasa de crecimiento anual. Por lo tanto, la tasa de crecimiento anual se calcula así:

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

4.3.2.2 Método Geométrico

Este método suele utilizarse en poblaciones que muestran una actividad económica importante y que generan un desarrollo apreciable, las cuales pueden ser dotadas sin mayores dificultades de la infraestructura de servicios públicos. La población se obtiene así:


$$P_f = P_{uc} \cdot (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde:

- Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población (habitantes)
- Puc = Población correspondiente al año último año censado con información
- Tuc = Año correspondiente al último censo con información
- Tf = Año al cual se proyecta la información
- r = Es la tasa de crecimiento anual en forma decimal. Por lo tanto, la tasa de crecimiento anual se calcula así:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

4.3.2.3 Método de Wappaus

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

De acuerdo a lo establecido en el RAS, se recomienda este método para todos los niveles de complejidad y se considera un método confiable.

Es importante aclarar que únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento i en %, y la diferencia entre el año a proyectar (T_f) y el año del censo inicial (T_{ci}) es menor a 200, es decir, $i \cdot (T_f - T_{ci}) < 200$, de lo contrario, debido a la forma matemática de la ecuación, la población futura obtenida será creciente pero negativa.

La ecuación que se emplea para el cálculo de la proyección de la población es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \cdot \left[\frac{200 + i \cdot (T_f - T_{ci})}{200 - i \cdot (T_f - T_{ci})} \right]$$

Donde:

- Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población (habitantes)
- Pci = población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información
- Tci = año correspondiente al censo inicial con información
- Tf = año al cual se proyecta la información
- i = Es la tasa de crecimiento anual en forma decimal. Por lo tanto, la tasa de crecimiento anual se calcula así:

$$i = \frac{200 \cdot (P_{cu} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) \cdot (P_{uc} - P_{ci})}$$

4.3.2.4 Cálculos de proyecciones métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus

Inicialmente y con el fin de contar con una tasa de crecimiento para los tres métodos teniendo en cuenta que históricamente solo existe el dato de 2018 para los diferentes centros poblados, inicialmente se realizó el cálculo de las tasas de crecimiento para la zona rural del municipio de Arauquita, así:

Tabla 6. Censos poblacionales oficiales en Colombia

Censo zona rural	Población
1993	17342
2005	21667
2018	32058


Fuente: DANE

Tabla 7. Calculo de las tasas de crecimiento métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus

Pci	Aritmético	Geométrico	Wappaus
	Ka	r	i
1993	588,64	0,02	2,38
2005	799,31	0,03	2,98

Fuente: DANE

Dichas tasas fueron validadas, teniendo en cuenta que los tres métodos de proyección de población siguieron la misma tendencia, demostrando en los tres casos aplicarse a la zona.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

Por lo anterior y haciendo uso de dichas tasas se procede a realizar las proyecciones de población para la Zona 1 y la Zona 2 respectivamente.

4.3.3 Proyecciones población Zona 1

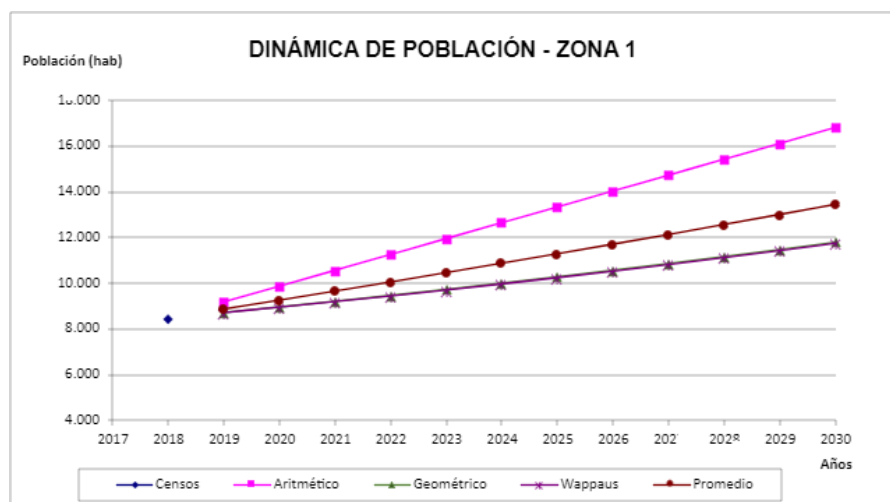
Se parte del dato de población corregido a 2018, que corresponde a 8.494 habitantes, como se observó en la Tabla 4 y se aplican las expresiones de los métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 8. Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus

Método	Pci	Ka	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Aritmético	1993	588,64	9.083	9.672	10.260	10.849	11.438	12.026	12.615	13.203	13.792	14.381	14.969	15.558
	2005	799,31	9.294	10.093	10.892	11.692	12.491	13.290	14.089	14.889	15.688	16.487	17.287	18.086
	Prom	-	9.188	9.882	10.576	11.270	11.964	12.658	13.352	14.046	14.740	15.434	16.128	16.822
Geométrico	Pci	r	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	1993	0,02488	8.706	8.922	9.144	9.372	9.605	9.844	10.089	10.340	10.597	10.861	11.131	11.408
	2005	0,03059	8.754	9.022	9.298	9.582	9.876	10.178	10.489	10.810	11.141	11.482	11.833	12.195
Prom	-	8.730	8.972	9.221	9.477	9.740	10.011	10.289	10.575	10.869	11.171	11.482	11.801	
Wappaus	Pci	i	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	1993	2,38316	8.699	8.909	9.124	9.345	9.571	9.802	10.040	10.284	10.535	10.792	11.057	11.329
	2005	2,97555	8.751	9.015	9.288	9.569	9.860	10.159	10.469	10.790	11.121	11.464	11.819	12.187
Prom	-	8.725	8.962	9.206	9.457	9.715	9.981	10.255	10.537	10.828	11.128	11.438	11.758	

Fuente: el autor

Ilustración 1. Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus



Fuente: el autor

En la anterior tabla y grafica se presentan los datos de las proyecciones respectivas para la zona 1, se puede evidenciar que el método Aritmético proyecta la población hasta en un 30% más respecto a los métodos Geométrico y Wappaus para el año 2030, por lo que se toman los métodos que más se ajustan a la media para hacer un promedio de ambos y obtener la población final a 20230 para la zona 1, la cual se presenta a continuación en la Tabla 9 para el periodo de diseño determinado (8 años)


	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Tabla 9. Proyección de población Zona 1, promedio métodos Geométrico y Wappaus

Año	Geométrico	Wappaus	PROMEDIO
2023	9740	9715	9.728
2024	10011	9981	9.996
2025	10289	10255	10.272
2026	10575	10537	10.556
2027	10869	10828	10.848
2028	11171	11128	11.150
2029	11482	11438	11.460
2030	11801	11758	11.780

Fuente: el autor

4.3.4 Proyecciones población Zona 2

Se parte del dato de población corregida a 2018, correspondiendo a 10.900 habitantes, como se observó en la ** La población rural dispersa se obtiene a partir de la delimitación de un buffer de 200 metros a lado y lado de la vía por donde transita el vehículo de recolección

Tabla 5 y se aplican las expresiones de los métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 10. Proyección de población Zona 1, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus

Método	Pci	Ka	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Aritmético	1993	588,64	11.488	12.077	12.666	13.254	13.843	14.432	15.020	15.609	16.197	16.786	17.375	17.963
	2005	799,31	11.699	12.498	13.298	14.097	14.896	15.696	16.495	17.294	18.094	18.893	19.692	20.491
	Prom	-	11.594	12.288	12.982	13.676	14.370	15.064	15.758	16.452	17.146	17.839	18.533	19.227
Geométrico	Pci	r	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	1993	0,02488	11.171	11.449	11.734	12.026	12.325	12.632	12.946	13.268	13.598	13.936	14.283	14.639
	2005	0,03059	11.233	11.577	11.931	12.296	12.672	13.060	13.459	13.871	14.296	14.733	15.184	15.648
Prom	-	11.202	11.513	11.832	12.161	12.499	12.846	13.203	13.570	13.947	14.335	14.733	15.143	
Wappaus	Pci	i	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	1993	2,38316	11.163	11.432	11.708	11.991	12.281	12.578	12.884	13.197	13.518	13.849	14.188	14.537
	2005	2,97555	11.229	11.568	11.918	12.279	12.652	13.036	13.434	13.845	14.270	14.710	15.165	15.638
Prom	-	11.196	11.500	11.813	12.135	12.466	12.807	13.159	13.521	13.894	14.279	14.677	15.087	

Fuente: el autor


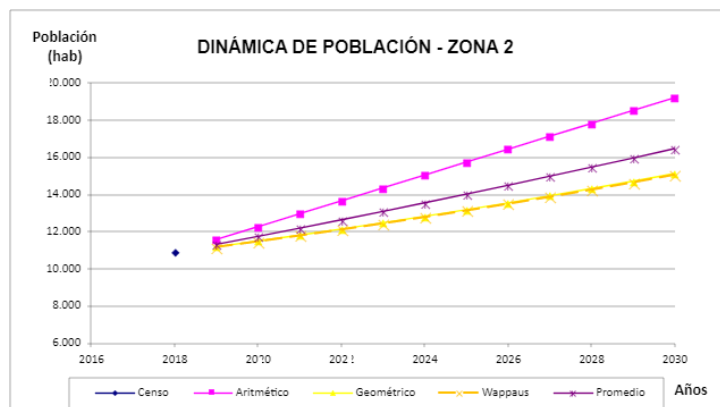
	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

Ilustración 2. Proyección de población Zona 2, métodos Aritmético, Geométrico y Wappaus



Fuente: el autor


En la anterior tabla e ilustración se presentan los datos de las proyecciones respectivas para la zona 2, se puede evidenciar que el método Aritmético proyecta la población hasta en un 22% más respecto a los métodos Geométrico y Wappaus para el año 2030, por lo que se toman los métodos que más se ajustan a la media para hacer un promedio de ambos y obtener la población final 2030 para la zona 2, la cual se presenta a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11. Proyección de población Zona 2, promedio métodos Geométrico y Wappaus

Año	Geométrico	Wappaus	Promedio
2019	11.202	11.196	11.199
2020	11.513	11.500	11.506
2021	11.832	11.813	11.823
2022	12.161	12.135	12.148
2023	12.499	12.466	12.482
2024	12.846	12.807	12.827
2025	13.203	13.159	13.181
2026	13.570	13.521	13.545
2027	13.947	13.894	13.921
2028	14.335	14.279	14.307
2029	14.733	14.677	14.705
2030	15.143	15.087	15.115

Fuente: el autor

4.4 CALCULO DE RESIDUOS

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

4.4.1 Producción per cápita de residuos sólidos generados

La producción *per cápita* (PPC) corresponde a la cantidad de residuos que genera un habitante en una unidad de tiempo determinada. Para el caso que nos concierne en la planificación del servicio de recolección y transporte en área rural del municipio de Arauquita, se requiere reducirlo a su mínima expresión como unidad de planificación, es decir, se requiere calcularla a nivel diario, siendo las unidades de planificación Kg./hab – día.

Lo anterior significa que se debe calcular la cantidad de residuos expresados en kilogramos (Kg) promedio que genera cada habitante en de la zona 1 y de la zona 2 de manera independiente en un día promedio, para lo cual se necesita la cantidad de residuos generados, el número total de habitantes por zona, el número de usuarios servidos y potenciales incluyendo estrato y uso.

A continuación, se desarrolla el paso a paso para llegar a la PPC de las dos zonas del proyecto.

4.4.1.1 Cantidad de residuos generados por día

Teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto es optimizar el sistema de transporte y recolección existente, la toma de pesos puede realizarse de los residuos sólidos contenidos en los vehículos recolectores, a través de los sistemas de pesajes calibrados a los que el sitio de disposición final está obligado a tener.

Por lo anterior, se gestionaron los datos de pesaje total de residuos para el año 2021, dispuestos en el Relleno Sanitario Regional del Piedemonte Araucano, cuyo origen de generación son las zonas de interés del proyecto, valores que se resumen en la tabla 12.

Tabla 12. Residuos generados y dispuestos en el Relleno Sanitario

Zona	Promedio máximo (Kg/mes)	Promedio (Kg/mes)	Total	
			(Kg/año)	(Ton/año)
Zona 1	145.020	115.104	1.381.253	1.381,25
Zona 2	186.840	163.307	1.959.680	1.959,68
Total	331.860	278.411	3.340.932	3.340,93


Fuente: adaptado de Relleno Sanitario Regional del Piedemonte Araucano, 2021

4.4.1.2 Número total de habitantes en el sector de estudio

El número total de habitantes que requiere calcularse corresponde al mismo año que el de la generación de residuos para poder hacer el cálculo de la PPC. Esta población es determinada mediante el número de usuarios reportados por los prestadores, como se puede ver en la tabla 13

Tabla 13. Población servida

ZONA	Empresa	Número de usuarios reportados 2021	Densidad Habitantes por hogar (h/H)	Población
2	ECAAAPAM E.S.P	695	3,6	2502

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

1	ECAAAOA E.S.P	632		2276
1	ECADES E.S.P	1092		3932
1	EMSAP E.S.P	382		1376
2	EMCUSAY E.S.P	1635		5886
1	AGUA VIVA E.S.P	222		800
TOTAL				16772

Fuente: Empresas prestadoras del servicio de aseo en el área de alcance

4.4.1.3 Densidad poblacional

La densidad poblacional corresponde al número de habitantes en una zona determinada. Para efectos del presente estudio, se gestionó esta información con la Secretaría de Planeación del municipio quien manifestó que la densidad rural expresada en términos de habitantes por hogar es de 3,6 h/H, valor que se sustenta con el establecido en las estadísticas de censo del DANE- 2018.

Esta densidad también corresponde al número de habitantes por usuario del sistema, la cual no se calculó para diferentes estratos, teniendo en cuenta que la población es homogénea y se categoriza en su mayoría (más del 95%) como estrato 1 por parte del prestador del servicio.

4.4.1.4 Cantidad de residuos que se transportan al sistema de disposición final

Corresponden a las mismas cantidades de residuos establecidas en la tabla 12, teniendo en cuenta que por parte de los prestadores no se está haciendo ningún tipo de aprovechamiento, fuera de la ocasional recuperación de algunos materiales de reciclaje por parte de población recicladora.

4.4.1.5 Cálculo de la producción *per cápita*

A partir de la anterior información se hizo el cálculo de la PPC a través de la siguiente expresión:


$$PPC \text{ Zona } x = \frac{\text{Residuos generados } \left(\frac{\text{kg}}{\text{tiempo}}\right)}{\text{Población (habitantes o usuarios)}}$$

Se calculó la PPC en diferentes tiempos, cuyos valores se resumen en la tabla 14.

Tabla 14. PPC para zona 1 y zona 2

Calculo PPC			
Sector	Residuos dispuestos 2021 (kg/año)	Población servida 2021	PPC Kg/habitante-día
Zona1	1.381.253	8.384	0,46
Zona 2	1.959.680	8.388	0,64

Fuente: el autor

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

De esta forma es posible establecer la cantidad de residuos dispuestos adecuadamente en el relleno sanitario, de residuos sin disposición final y del total de residuos generados dentro de la zona de alcance del proyecto, como se muestra a continuación.

Tabla 15 Residuos del área de prestación del servicio

Sector	Residuos dispuestos adecuadamente, 2021 (Ton/año)	Residuos sin disposición final, 2021 (Ton/año)	Total de residuos generados en el área de alcance, 2021 (Ton/año)
Zona 1	1385,2	112,4	1497,6
Zona 2	1959,7	755,9	2715,6

Fuente: el autor

Teniendo en cuenta la gestión de los residuos se consolida la información de acuerdo con la destinación de estos, identificando que en el área de alcance del proyecto no se realiza aprovechamiento y los residuos que no son recolectados al ser generados por la población no servida, presentan una disposición inadecuada, por actividades como la quema, el enterramiento y disposición inadecuada en áreas públicas.

Tabla 16 Residuos del área de alcance clasificados de acuerdo con su destinación

Sector	Año	Residuos Generados		Residuos Recolectado y transportados al relleno sanitario		Residuos Aprovechados		Residuos dispuestos inadecuadamente	
		(Ton/mes)	(Ton/año)	(Ton/mes)	(Ton/año)	(Ton/mes)	(Ton/año)	(Ton/mes)	(Ton/año)
Zona 1	2021	124,8	1497,6	115,4	1385,2	0,0	0	9,4	112,4
	2022	128,2	1538,4	118,6	1422,9	0,0	0	9,6	115,5
Zona 2	2021	226,3	2715,6	163,3	1959,7	0,0	0	63,0	755,9
	2022	232,5	2790	167,8	2013,4	0,0	0	64,7	776,6


Fuente: el autor

4.4.2 Número de usuarios del servicio de aseo actuales y potenciales

A partir de la población servida y la densidad poblacional se hizo el cálculo de los usuarios servidos al 2021, a partir de la siguiente fórmula

$$usuarios\ servidos\ Zona\ 1 = \frac{habitantes\ (2021)}{densidad\ poblacional\ (hab/usu)}$$

$$usuarios\ servidos\ Zona\ 2 = \frac{habitantes\ (2021)}{densidad\ poblacional\ (hab/usu)}$$

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

Estos usuarios se proyectaron para el periodo de diseño 2023-2030 que corresponden a los usuarios potenciales y los datos se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Usuarios potenciales Zona 1 y Zona 2, zona rural Arauquita

Año de proyección	Zona 1	Zona 2
2023	2.702	3.467
2024	2.777	3.563
2025	2.853	3.661
2026	2.932	3.763
2027	3.013	3.867
2028	3.097	3.974
2029	3.183	4.085
2030	3.272	4.199

Fuente: el autor

4.4.3 Determinación de la composición de los residuos

4.4.3.1 Caracterización de los residuos


El alcance de la caracterización de los residuos se limita a la composición física, debido a que para el alcance de diseño de los componentes de recolección y transporte no se requiere determinar la composición química, así mismo, el proyecto no contempla componentes de aprovechamiento.

La caracterización básicamente consiste en una determinación de la composición de los residuos, con base en porcentajes de los principales elementos que constituyen los residuos sólidos del área del proyecto, con la finalidad de poder establecer así, las cantidades y variaciones de estos a través del tiempo, además de la estimación de algunas de sus propiedades físicas (humedad, densidad, entre otros).

La caracterización que se muestra en la tabla 18, corresponde al último ejercicio de caracterización realizado en septiembre de 2021 para los centros poblados rurales de Puerto Jordán, Pesquera, Troncal, Panamá, Esmeralda y Aguachica información suministrada por la Secretaría de Servicios Públicos del municipio de Arauquita.

Tabla 18. Caracterización de los residuos sólidos en zona rural del municipio de Arauquita - Arauca

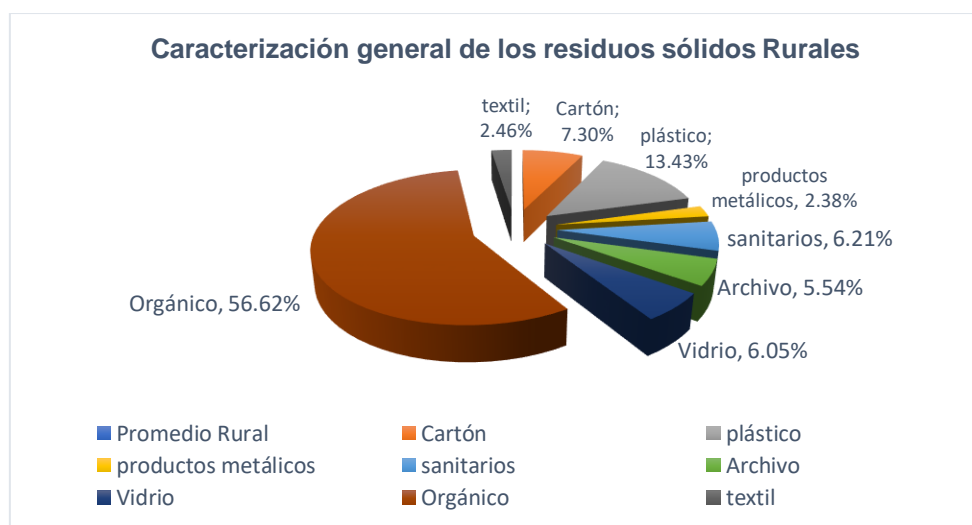
Tipo de residuo	% EN PESO	PPC Zona 1 (Kg/hab/día)	PPC Zona 2 (Kg/hab/día)
Cartón	7,3	0,04	0,04
Plástico	13,43	0,06	0,08
Materiales metálicos	2,38	0,01	0,01
Sanitarios	6,21	0,03	0,04
Papel	5,54	0,03	0,03
Vidrio	6,05	0,03	0,03

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

Orgánico	56,62	0,27	0,32
Textil	2,46	0,01	0,01

Fuente: Secretaría de Servicios Públicos de Arauquita, 2022

Ilustración 3. Caracterización general de los residuos sólidos rurales



Fuente: Secretaría de Servicios Públicos de Arauquita, 2022

Respecto a la caracterización realizada antes de pandemia y adoptada en el PGIRS (2015), la composición en porcentaje de los residuos orgánicos fue menor, debido a que en ese entonces correspondió a un 73,24% y en esta a un 56,62%; además, esta caracterización incluyó la determinación de la composición de residuos sanitarios con un valor de 6,21% los cuales antes no fueron caracterizados anteriormente.

4.4.3.2 Lugar de presentación y clasificación de la procedencia de residuos


En el documento “1 Diagnóstico” numeral 5.2 se menciona que después de haber realizado la visita de campo se pudo observar que la mayoría de los usuarios en la zona rural del municipio de Arauquita presenta sus residuos en bolsas plásticas, que resisten la manipulación y movimiento, estas son dispuestas en la esquina o sobre el andén cuando el vehículo no puede entrar hasta su vivienda producto del mal estado de la vía, pero mayormente al momento de que el vehículo transita por la vía las personas sacan sus residuos siendo esta recolección puerta a puerta. A continuación, se observa la clasificación de los residuos sólidos de acuerdo con quien los genera:

a. Residenciales

Este tipo de residuos son los más frecuentes en los diferentes centros poblados que están en el alcance del proyecto, producto de que mayormente las manzanas son de uso residencial es así que estos residuos son principalmente orgánicos y plásticos que surgen a partir de las actividades diarias de los habitantes.

b. Industriales

Los residuos de tipo industrial para las diferentes veredas y centros poblados del área de prestación no son abundantes, se pudo evidenciar que los residuos de este tipo son generalmente producidos por

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

queserías las cuales presentaban residuos en su mayoría cartón y plástico, ya que los sobrantes de algunos procesos se usan de insumo para otro.

c. Comerciales

Los residuos de tipo comercial son principalmente de usuarios que tienen diferentes comercios principalmente sobre la vía principal de cada centro poblado siendo muy frecuente el cartón, los orgánicos, el vidrio y plásticos. Cabe mencionar que los centros poblados que serán mayormente generadores de residuos de tipo comercial serán los más grandes, es decir Puerto Jordan, La Esmeralda y Panamá de Arauca.

d. Institucionales

Esta clasificación obedece en este caso para lugares como iglesias, escuelas, colegios, salones y centros de salud donde se generan residuos producto del objeto misional de cada uno de los lugares mencionados anteriormente, es así que se generan residuos orgánicos, plástico y de oficina.

e. Hospitalarios no peligrosos.

Bajo esta clasificación se encuentran los residuos que generan algunos residentes de los hospitales que hay en los centros poblados, ya que parte de la infraestructura tiene el fin de que sea habitable para las personas que trabajan, por lo tanto, se generan residuos de tipo residencial y de oficina.

f. De barrido manual o mecánico y limpieza de áreas públicas

Estos tipos de residuos son producto del barrido que se da en el centro poblado de la esmeralda cabe mencionar que actualmente es el único centro poblado donde se está llevando a cabo barrido manual, teniendo así 3,9 km lineales.


g. Residuos de demolición y construcción

Durante la visita de campo no se evidenciaron construcciones o posibles generadores de este tipo de residuos, normativamente no es posible que el transporte de escombros en los vehículos compactadores que son objeto de este proyecto.

4.5 Frecuencias y horarios de recolección

Como fue mencionado en el documento de diagnóstico, actualmente se tiene establecida una frecuencia de recolección de residuos de dos (2) veces por semana, aunque se encontraran importantes limitaciones para cumplir con esta frecuencia; y la recolección se hace en horario diurno.

Para el diseño de la prestación del servicio tanto en la Zona 1 como en la Zona 2, se mantuvo la frecuencia de recolección de dos (2) veces a la semana, teniendo en cuenta que por las condiciones de temperatura y humedad características del clima, los residuos son susceptibles de descomponerse con mayor facilidad aumentando los riesgos de proliferación de vectores que transmiten enfermedades y la propagación de olores ofensivos. Adicionalmente, las condiciones viales no generan una dificultad tal que obligue a disminuir la frecuencia de recolección establecida.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

El horario de recolección continuará siendo diurno, principalmente por las condiciones de orden público y los riesgos de desplazamiento nocturno.

La recolección de los residuos de barrido en zonas donde se realice esta actividad, caso de La Esmeralda, se hará de la misma manera, en aceras junto con los residuos ordinarios generados por los usuarios y en las rutas respectivas.

Para la frecuencia de recolección de dos (2) veces a la semana, el tiempo crítico para el diseño de la prestación del servicio será establecido mediante la siguiente expresión matemática:

$$tiempo\ crítico = \frac{7 \frac{días}{semana}}{2} = \frac{7}{2} = 4 \text{ días}$$

4.6 Producción per cápita crítica por usuario

La PPC crítica se establece a partir de la siguiente expresión matemática, tomando los valores de PPC diarios contenidos en la tabla 14 y el tiempo crítico de 4 días, así:

$$PPC_{crítica} = PPC \frac{kg}{Hab \cdot día} * tiempo\ crítico$$

$$PPC_{crítica\ Zona\ 1} = 0,45 \frac{kg}{Hab \cdot día} * 4días = 1,8 \frac{Kg}{Hab \cdot 4\ días}$$


$$PPC_{crítica\ Zona\ 2} = 0,64 \frac{kg}{Hab \cdot día} * 4días = 2,56 \frac{Kg}{Hab \cdot 4\ días}$$

Al determinar la PPC es posible calcular la producción crítica por usuario (PPU):

$$PPU_{crítica} = PPC \frac{kg}{Hab \cdot día} crítico * 3,6 \frac{hab}{Usu}$$

$$PPU_{crítica\ Zona\ 1} = 1,8 \frac{kg}{Hab \cdot día} * 3,6 \frac{hab}{Usu} = 6,5 \frac{Kg}{usuario \cdot 4\ días}$$

$$PPU_{crítica\ Zona\ 2} = 2,56 \frac{kg}{Hab \cdot día} * 3,6 \frac{hab}{Usu} = 9,2 \frac{Kg}{usuario \cdot 4\ días}$$

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

A partir del dato de la producción crítica por usuario, se podrán establecer cuales deberán ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personas destinadas a esta actividad, las rutas y la frecuencia de recolección específica para cada una de estas, entre otros.

4.7 Cálculo de número de usuarios del servicio de aseo por manzana

Para establecer el número de usuarios del servicio de aseo por manzana:

- Se elaboró la cartografía de cada centro poblado.
- Se realizó el conteo de manzanas para cada sector de servicio.
- En la zona rural dispersa se calculó un número de manzanas teórico, a partir de la densidad de viviendas por manzana, mediante la suma de viviendas en un buffer de 200m al lado y lado de la vía en las zonas de prestación del servicio, dado que allí se hace recolección en línea recta.
- Se totalizaron tanto las manzanas como las áreas totales en Ha.
- Se realizó el cálculo de habitantes por manzana mediante la siguiente expresión:

$$Densidad \frac{\square ab}{manzana} = \frac{\square habitantes \text{ por zona}}{Número \text{ total de manzanas por zona}} = \square ab/manzana$$

$$Densidad \text{ Zona 1} = \frac{9214}{268} = 34 \square ab/manzana$$

$$Densidad \text{ Zona 2} = \frac{11.823}{172} = 69 \square ab/manzana$$

- Se realizó el cálculo de usuarios por manzana mediante la siguiente expresión:

$$Densidad \frac{usuarios}{manzana} = \frac{Densidad \square ab/manzana}{Densidad \square /H} = usuario/manzana$$


$$Densidad \text{ Zona 1} = \frac{34}{3,6} = 9,5 \text{ usuario/manzana}$$

$$Densidad \text{ Zona 2} = \frac{69}{3,6} = 19,1 \text{ usuarios/manzana}$$

No se contempla que se incremente el número de manzanas en el quinquenio, pues son zonas que no tienen expansión aprobada en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT del municipio. Además, hay manzanas que se encuentran en pleno desarrollo y aún tiene zonas de construcción que en los próximos años se podrían desarrollar, es decir, se puede dar el crecimiento de la población sin expansión de áreas.

4.8 Tipo de generación

La zona de recolección se caracteriza por ser homogénea, en la cual predominan los usuarios residenciales de estratos 1 y 2, predominantemente estrato 1, con viviendas de una sola planta, algunas de estas con vivienda y comercio en el mismo predio y en algunos tramos de las vías principales hay presencia de establecimientos de comercio, principalmente tiendas y supermercados. También se observó

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

presencia de usuarios institucionales como iglesias, colegios, oficinas de servicios públicos, atención administrativa de la zona hospitalaria, entre otros que se mencionaron en el documento de diagnóstico.

No fue posible conocer la estratificación de los usuarios ni el censo de los mismos por parte de los prestadores, aspectos que serán considerados como estrategia de fortalecimiento.

4.9 Peso específico de los residuos y contenido de humedad

De acuerdo con el Título F, para los niveles de complejidad bajo y medio se debe establecer el Peso Específico y el Contenido de Humedad en los sistemas de recolección y transporte, el cual puede ser obtenido en campo o se pueden obtener de los datos de referencia definidos en el título F.

El peso unitario o peso específico, se define como el peso de los residuos sólidos por unidad de volumen, siendo la unidad de medida utilizada Kg./ m³ o unidades análogas.

En la tabla del Título *F.1.5. Peso unitario y contenido de humedad para residuos sólidos*, se relacionan los pesos unitarios empleados frecuentemente, los cuales pueden ser utilizados por los sistemas de nivel de complejidad bajo y medio (ver tabla 19). Para municipios con sistemas con nivel de complejidad medio alto y alto, los valores deben ser obtenidos por un método recomendado por el ICONTEC o cualquier otro método normalizado.

Tabla 19. Peso específico por tipo de residuo, adaptado de la tabla F.1.5. del RAS

Peso Unitario y Contenido de Humedad para Residuos Sólidos				
Tipo de residuo	Peso unitario (Kg./m ³)		Contenido de humedad % (en peso)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados) Residuos sólidos	89-181	131	5-20	15
En camión compactador	178-451*	297	15-40	20


Fuente: Adaptado del título F, 2012

Para el diseño que se está realizando, el peso específico que se tomará es de 650 Kg./ m³, el cual es el valor suministrado por los fabricantes de los vehículos compactadores cotizados.

Es importante aclarar que los fabricantes señalaron que el peso específico podrá oscilar entre los 400 y los 650 Kg./ m³ compactados dependiendo de los diferentes materiales, sin embargo, se decidió tomar el valor más alto para que los vehículos funcionen utilizando el volumen de capacidad lo más completo posible, evitando operación del vehículo semivació y a su vez estimar el menor volumen de caja compactadora que se pueda requerir. Esto también con el fin de seleccionar los vehículos del menor tamaño posible para que transite por las vías de las zonas de cobertura del proyecto.

4.10 Volumen de los residuos

El volumen de los residuos a ser generados por cada usuario en el tiempo crítico de 4 días se estima a partir del peso específico y la PPC crítica, bajo la siguiente expresión:

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

$$\text{Volúmen de residuos} = \frac{\text{PPU crítica usuario} * 1.000}{\text{peso específico}} = \text{litros}$$

Tabla 20. Volumen de residuos por usuario para el tiempo crítico, en litros

Tipo de dato	Tipo de residuo	Zona 1	Zona 2
Variable de cálculo	PPU crítica (Kg/usuario - 4 días)	6,5	9,2
Variable de cálculo	Peso específico seco (Kg/m ³)	650	650
Factor de conversión	1000L / 1m ³	-	-
Resultado Volumen por vivienda	Volumen (l/usuario-4 días)	10	14,2

Fuente: el autor

Los resultados señalados en la tabla anterior indican que en la Zona 1 los residuos de 1 usuario acumulados durante 4 días y compactados a un peso específico de 650 Kg/m³ van a ocupar un volúmen dentro del camión equivalente a 10 litros y en la Zona 2 equivalente a 14,2 litros.

Teniendo en cuenta que los equipos de recolección de residuos sólidos para la zona 1 y la zona 2 corresponden a camiones compactadores de 14 yd³ y 25 yd³ respectivamente, a partir del cálculo de la cantidad de bolsas que estos pueden transportar, se puede calcular el número de viajes que se necesita para recolectar los residuos sólidos generados.

Suponiendo que cada usuario dispone sus residuos en una bolsa, la cual ocupará 9,5 litros por usuario para la zona 1 y 11,1 litros por usuario para la zona 2, acumulado en cuatro (4) días, se tendrá el número máximo de bolsas por vehículo, bajo la siguiente expresión:

$$\text{número bolsas en vehículo} = \frac{\text{volumen de camión}}{\text{Vol por vivienda}}$$

Posteriormente, teniendo el número de bolsas por vehículo, se realizó el cálculo del número de rutas a implementar para cubrir con todas las áreas en la frecuencia de dos (2) veces por semana, bajo la siguiente expresión.


$$\text{número de rutas} = \frac{\text{número de usuarios}}{\text{número de usuarios por volqueta}}$$

Los resultados de los cálculos antes señalados se resumen en la tabla 21.

Tabla 21. Número de bolsas y número de rutas para Zona 1 y Zona 2

Variable	Zona 1	Zona 2
Capacidad del vehículo (yd ³)	14	25
Capacidad del vehículo (m ³)	11	20
No. De bolsas promedio	1.100	1.410
No. de bolsas máximo	1.155	1.480
No. De rutas	3	3

Fuente: el autor

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Lo anterior quiere decir que para la zona 1 se deben realizar 3 rutas con una frecuencia de 2 días a la semana y para la zona 2 se deben realizar 3 rutas con una frecuencia de tres días a la semana principalmente por las distancias hasta el relleno sanitario, distribuidas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Número de rutas de recolección en Zona 1 y Zona 2

Zona	Recolección	2023	2024	2025	2026	2027
Zona 1	Lunes – jueves	1	1	1	1	1
	Martes – viernes	1	1	1	1	1
	Miércoles – sábado	1	1	1	1	1
Zona 2	Lunes – jueves	1	1	1	1	1
	Martes – viernes	1	1	1	1	1
	Miércoles – sábado	1	1	1	1	1

Fuente: el autor

4.11 Rendimiento de la recolección

Los tiempos de recolección deben ser diseñados de tal manera que se minimicen los costos de la recolección.

4.11.1 Tiempo de descarga

Para el tiempo de descarga se tuvo en cuenta un promedio para todas las rutas, ya que esta es muy variable debido a que está sujeta a si hay vehículos descargando o si por el contrario no hay ningún, es así que este tiempo de descarga puede ir de 15 minutos a 45 minutos, para los cálculos de los tiempos se tomó un tiempo de descarga de 30 minutos.

4.11.2 Tiempos muertos

Es la suma de:

- Tiempos de viaje desde el garaje del vehículo recolector hasta el inicio de la ruta de recolección, al comenzar el día de trabajo.
- Tiempos de viaje desde el sitio de disposición final al sitio de parqueo de los vehículos de recolección al terminar el día.
- Tiempos inherentes al personal de la cuadrilla, como almuerzos, fatigas que afectan la eficiencia del recolector, despacho de vehículos, accidentes, etc.

Para el proyecto se estimaron los siguientes tiempos:

- Tiempos de viaje desde el garaje del vehículo hasta el inicio de ruta:
 - Zona 1


	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

Tabla 23: Zona 1 tiempo de viaje

Macrorruta	Días de operación	Tiempo de viaje desde el garaje a inicio de ruta (minutos)
1-1	Lun - Jue	2,58
1-2	Mar- Vie	93,77
1-3	Mie- Sab	57,80
Total semana		154,15

Fuente. El autor

Como se observa en la anterior tabla la macrorruta 1-1 es la que menor tiempo de desplazamiento requiere para iniciar la ruta, esto debido a que el vehículo tendrá su garaje en La Esmeralda, por otra parte, las otras macrorrutas al iniciar en centros poblados que están alejados de La Esmeralda aumentan su tiempo de viaje para iniciar la ruta.

- Zona 2

Tabla 24: Zona 2 tiempo de viaje

Macrorruta	Días de operación	Tiempo de viaje desde el garaje a inicio de ruta (minutos)
2-1	Lun - Jue	61,05
2-2	Mar- Vie	0,52
2-3	Mie- Sab	1,00
Total semana		62,57

Fuente. El autor


En la anterior tabla se observa que para la macrorruta 2-1 hay un mayor desplazamiento a comparación de las dos otras macrorrutas, debido a que el vehículo tendrá su garaje en Puerto Jordan y los días que realice la microrruta 2-1 se desplaza a otro centro poblado que está a 61,05 minutos para poder empezar su ruta desde ese punto.

En caso de querer examinar con mayor detenimiento los cálculos con los que se obtuvieron los tiempos de viaje desde el garaje hasta el inicio de ruta dirigirse al Excel “3 Diseño recolección y transporte Arauquita” en la pestaña “tiempos”.

- Tiempos de viaje desde el sitio de disposición final al sitio de parqueo de vehículo:

Tabla 25; Zona 1 tiempo a garaje

Macrorruta	Días de operación	Tiempos de viaje disposición final sitio de parqueo (minutos)
1-1	Lun - Jue	6,00

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

1-2	Mar- Vie	6,00
1-3	Mie- Sab	6,00
Total semana		18

Fuente. El autor

El garaje del vehículo estará ubicado en el centro poblado de la esmeralda el cual a su vez es el centro poblado más cercano al relleno sanitario por lo que los tiempos de desplazamientos al garaje son bajos en comparación a la zona 2.

Tabla 26: Zona 2 tiempo a garaje

Macrorruta	Días de operación	Tiempos de viaje disposición final sitio de parqueo (minutos)
2-1	Lun - Jue	116
2-2	Mar- Vie	116
2-3	Mie- Sab	116
Total semana		348

Fuente. El autor

El garaje del vehículo está ubicado en Puerto Jordan, siendo este uno de los centros poblados más lejanos del relleno sanitario, por lo que sus tiempos de desplazamiento una vez se haga el descargue serán considerables.

c. Tiempos inherentes al personal de la cuadrilla

Para este ítem se tuvo en cuenta una (1) hora de almuerzo para los operarios y el conductor la cual deberá ser tomada según se dé el recorrido y el tiempo.


4.12 Horarios de la recolección

Se tuvo en cuenta los horarios óptimos para que el operador de tal manera que:

- El personal realice 8 horas de trabajo.
- Se opere 6 días a la semana.
- Se realicen todas las actividades desde que se sale del garaje hasta que se parquea el vehículo en la jornada que corresponda.

Se hace la salvedad que el vehículo no considera en ninguna circunstancia la operación a doble turno, pues esto implicaría el desplazamiento nocturno y por las condiciones de seguridad de la zona no se recomienda tránsito por carretera posterior a las 5p.m. para evitar situaciones de alto riesgo para la comunidad y/o para los prestadores del servicio.

4.13 Cuadrilla de recolección

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

La cuadrilla requerida para la prestación del servicio se compone de dos operarios de recolección y el conductor, esto teniendo en cuenta que con un solo paso del vehículo por una calle, un operario recoge una acera y el otro la otra optimizando tiempos en los recorridos, reduciendo uso del vehículo, aumentando la velocidad de recolección y haciendo más eficiente el uso de los recursos

Este debe ser un personal idóneo, con entrenamiento en medidas de seguridad industrial y salud ocupacional (SI&SO) para el desarrollo de las actividades propias de la recolección, además de:

- Técnicas de manipulación de los residuos sólidos.
- Forma como deberán ser recibidos de los usuarios los recipientes de almacenamiento.
- Forma como deben ser recibidos los residuos de las cuadrillas del barrido de vías y áreas públicas.
- Técnicas para una recolección eficiente.
- Uso de los elementos de protección personal, seguridad e higiene industrial, salud ocupacional y ergonómicos necesarios.

Teniendo en cuenta que el prestador debe tomar todas las medidas de seguridad a fin de no exponer la salud y seguridad de su personal, los elementos de protección personal deberán estar integrados por:


- Elementos para la protección de cabeza contra radiación (casco o gorra).
- Protección visual (gafas de seguridad).
- Protección respiratoria (mascarillas).
- Protección de miembros, como guantes de carnaza o vaqueta y calzado de protección de seguridad con puntera y suela resistente a hidrocarburos y antideslizante.
- Ropa de trabajo como overol o uniforme en materiales resistentes al desgaste.
- Cinturones de corrección de postura.
- Otros elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo como: palas, escobas (en caso de ruptura de bolsas) y recipientes de recolección de residuos clandestinos, u otros elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo.

4.14 Transporte

La actividad de transporte se realizará en el mismo vehículo de recolección de residuos y se inicia donde finaliza la ruta de recolección domiciliaria y se extiende hasta el punto de descarga de los residuos en el relleno sanitario.

Para el caso del proyecto no se cuenta con puntos intermedios como estaciones de transferencia de materiales o estaciones de separación y aprovechamiento, por lo que el transporte es directo y se da por vías primarias, secundarias y algunos tramos de vías terciarias.

Para el transporte de los residuos sólidos que se generan en cada uno de los centros poblados y caseríos se tiene que la zona 1 presenta mejor comunicación vial entre centro poblado y centro poblado, al ubicarse sobre una vía secundaria que aunque presenta algunos tramos en un estado regular se facilita mucho más el transporte y disminuye las vibraciones que se producen en comparación a los centros poblados y caseríos que están en la zona 2, los cuales presentan vía en afirmado en algunos tramos y en otros tramos destapadas con una pedregosidad mediana.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

4.15 Vehículos actuales para la prestación del servicio de recolección y transporte

Los vehículos de recolección de residuos sólidos en el área de implementación del proyecto son los siguientes:

4.15.1 Vehículo para recolección usado en los centros poblados La Pesquera, El Troncal, San Lorenzo, El Campamento, El Triunfo, Los Chorros, La Paz, Aguachica, El Oasis y La Victoria.

El vehículo está a cargo de EMSAP E.S.P, este vehículo es el que más centros poblados atiende, ya que es utilizado por otras dos empresas rurales AGUA VIVA E.S.P y ECAAAOA E.S.P.

Ilustración 4. vehículo para recolección actual EMSAP E.S.P



Tabla 27: Descripción vehículo de recolección EMSAP E.S.P

Número de vehículos	Capacidad original	Capacidad modificada	Tamaño de vehículos	Personal (cuadrilla)
1 Vehículo Volqueta Chevrolet FTR Modelo 2014	5,88 m ³	9, 80 m ³	Largo: 6.60 m Alto: 2,80 m Ancho: 2,70 m	1 Conductor y 2 auxiliares

4.15.2 Vehículo para recolección usado en el centro poblado Puerto Jordán.

Este vehículo está a cargo de EMCUSAY E.S.P y únicamente presta el servicio de recolección en el centro poblado de Puerto Jordán, siendo este el centro poblado con mayor cantidad de habitantes del área de implementación del proyecto.


	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Ilustración 5. vehículo para recolección EMCUSAY E.S.P



Tabla 28: Descripción vehículo de recolección EMCUSAY E.S.P

Número de vehículos	Capacidad original	Capacidad modificada	Tamaño de vehículos	Personal (cuadrilla)
1 vehículo Volqueta Chevrolet FVR Modelo 2011	10,96 m ³	20,82 m ³	Largo: 6,5 m Alto: 211 m Ancho: 2,61 m	1 conductor y 3 auxiliares

Fuente: Autor

4.15.3 Vehículo para recolección usado en el centro poblado de La Esmeralda

Este vehículo está a cargo de la empresa ECADES E.S.P, la cual opera únicamente en el centro poblado la esmeralda, también posee una ventaja de ubicación respecto a los otros centros poblados y es su cercanía al relleno sanitario donde se hace la disposición final.


Ilustración 6. vehículo para recolección ECADES E.S.P



Fuente: Autor

Tabla 29 Descripción vehículo de recolección ECADES E.S.P

Número de vehículos	Capacidad original	Capacidad modificada	Tamaño de vehículo	Personal (cuadrilla)

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

1 vehículo Volqueta DINA Modelo 1995	7 m ³	13,3 m ³	Largo: 5,9 m Alto: 2,64 m Ancho: 2,42 m	1 conductor y 3 auxiliares
---	------------------	---------------------	---	----------------------------

Fuente: Autor

4.15.4 Vehículo para recolección usados en el centro poblado de Panamá de Arauca

Se encuentra a cargo de ECAAPAM E.S.P, la cual opera en el centro poblado Panamá de Arauca y los caseríos Las Cruces, El Futuro, El Temblador; también opera en una parte de la zona rural dispersa de la vereda El Rosal.

Ilustración 7. Vehículo para recolección ECAAPAM E.S.P



Fuente: autor

Tabla 30: Descripción vehículo de recolección ECAAPAM E.S.P


Número de vehículos	Capacidad original	Capacidad modificada	Tamaño de vehículo	Personal (cuadrilla)
1 vehículo Volqueta International Modelo 2015	8,25 m ³	15,8 m ³	Largo: 6 m Alto: 3 m Ancho: 2,50 m	1 conductor y 2 auxiliares de recolección

Fuente: Autor

4.15.5 Selección de los vehículos de recolección y transporte

El vehículo recolector debe seleccionarse de modo que cumpla con las consideraciones mínimas definidas en normas técnicas como el RAS, de tal forma que se minimice el tiempo y el costo de la recolección total por tonelada de residuo sólido recolectado.

Con el fin de tener en cuenta las condiciones económicas, técnicas, financieras, sociales, ambientales y financiera que definen cual es el mejor vehículo para este caso se elaboró un documento independiente

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

que lleva por nombre comparación alternativas, por lo cual con el fin de ampliar este numeral se recomienda remitirse al mismo

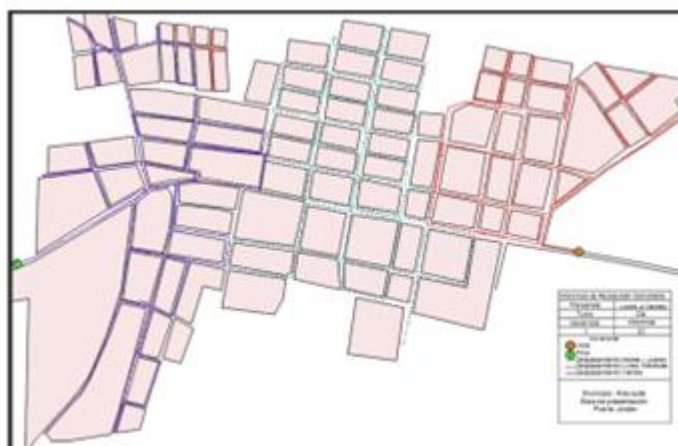
4.16 Ruteo del sistema actual

Se pudo evidenciar durante la visita de campo que la prestación del servicio de recolección y transporte se presta en dos zonas, pero actualmente no se ejecuta ninguna macrorruta y microrruta para los diferentes centros poblados que están dentro del alcance del proyecto. El ruteo actual es empírico, ya que es desarrollado a partir del conocimiento del conductor, que a su vez tampoco frecuenta una sola microrruta, debido a que esta es realizada en función del clima que se presenta el día de recolección, estado de las vías, capacidad del vehículo al momento de pasar por el lugar que se va a hacer recolección, condiciones de seguridad o simplemente decisión del conductor. Lo anteriormente expuesto no permite desarrollar la cartografía del ruteo actual, dado que no hay datos que permitan establecer microrrutas o macrorrutas con certeza.

Cabe anotar que algunas de las 6 empresas de la zona rural pagan el servicio de los conductores únicamente para el día en que se debe hacer recolección, por lo que en algunas ocasiones que no están disponibles el vehículo es conducido por otra persona que realiza un ruteo diferente al que puede realizar el conductor habitual. Otro factor importante para tener en cuenta es que los vehículos actuales sufren averías constantes que tardan en ser reparadas hasta 3 semanas, por lo que se hace necesario contratar volquetas externas al servicio de aseo que suplan la ausencia de estos vehículos, estas no son conducidas por la persona que hace habitualmente el recorrido para la recolección de los residuos sólidos sino por el dueño del vehículo contratado, por lo que este desarrolla una microrruta totalmente diferente a la que hace el conductor habitual.

La secretaria de servicios públicos del municipio de Arauquita suministro imágenes donde se observan planos de microrrutas de algunos centros poblados, los cuales no son del todo entendibles ni cuentan con las convenciones necesarias para su ejecución, este podría ser uno de los motivos por lo que los prestadores rurales desarrollan sus microrrutas de forma empírica. A continuación, se adjuntan la totalidad de las imágenes de los planos de las microrrutas existentes suministrados de algunos de los centros poblados que están dentro del alcance del proyecto.

Ilustración 8. Plano propuesta microrrutas Puerto Jordan



Fuente: secretaria de servicios públicos (2021)


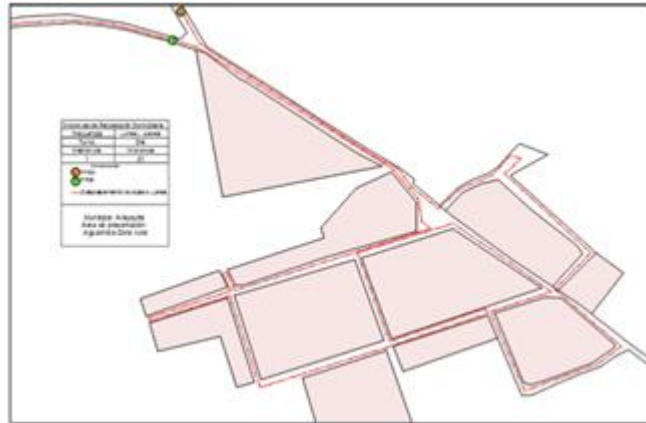
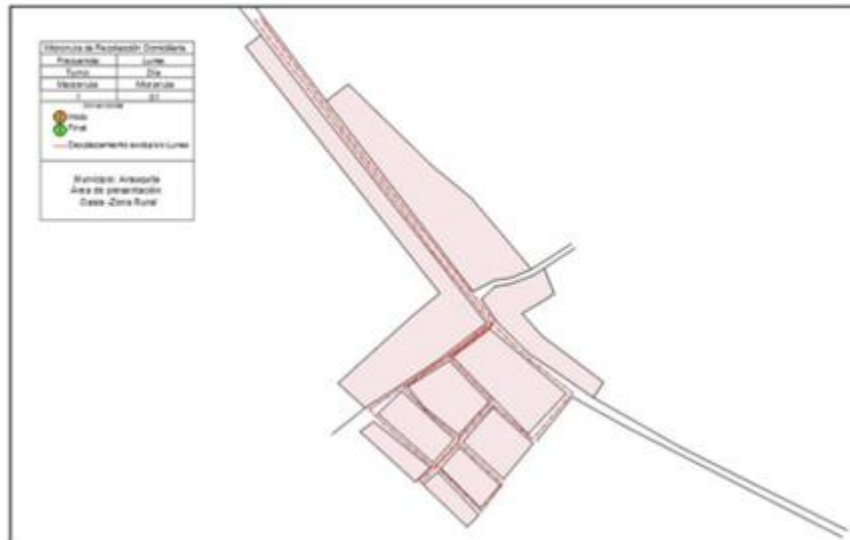
	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Ilustración 9. Plano propuesta micro ruta Aguachica



Fuente: Secretaria de servicios públicos (2021).

Ilustración 10. Plano propuesta micro ruta El Oasis.



Fuente: Secretaria de servicios públicos (2021).


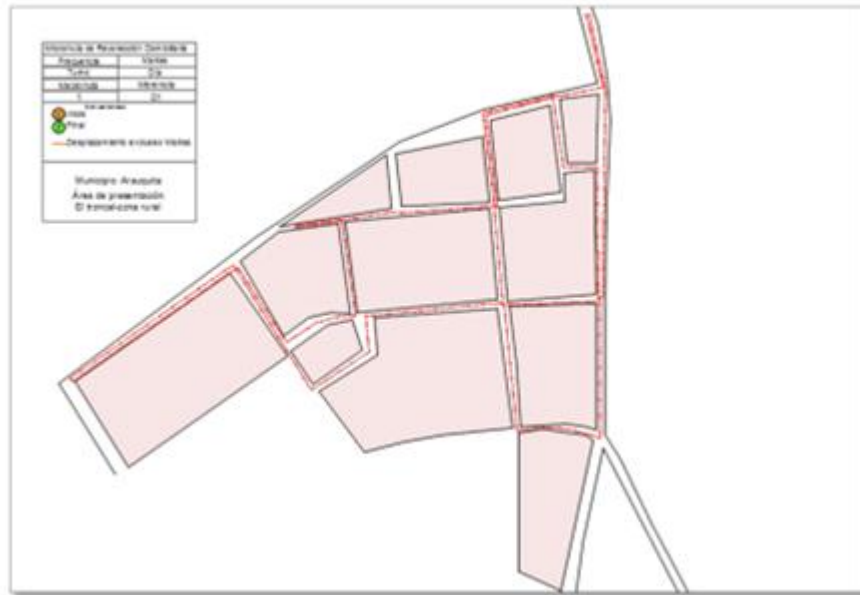
	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Ilustración 11. Plano propuesta micro ruta El Troncal.




Fuente: secretaria de servicios públicos (2021).

Ilustración 12. Plano propuesta micro ruta La Pesquera.



Fuente: secretaria de servicios públicos (2021)

A partir de lo anteriormente expuesto se puede evidenciar que actualmente no hay macrorrutas y microrrutas que cumplan con criterios técnicos, siendo mayormente empíricas y que si se quisiera comparar las mismas con las que se diseñaran posteriormente en los presentes estudios no sería posible, ya que tampoco hay un plano o un registro de estas.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

4.17 Optimización de vehículos

Actualmente no se da una optimización de los vehículos, además si se tiene en cuenta que el PGIRS del municipio de Arauquita plantea en uno de sus proyectos la modernización del parque automotor, esto con el fin de mantener la cobertura e inclusive ampliarla, se puede evidenciar que uno de los objetivos del presente proyecto se encamina a la adquisición de vehículos muchos más modernos y que cumplan con la normativa vigente, por lo que optimizar los actuales no tendría un impacto suficientemente significativo a la población cuando se materialice el proyecto.

4.18 Optimización del ruteo

Los prestadores del servicio de recolección y transporte deben establecer las macrorrutas y microrrutas que se deben seguir por cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las normas de tránsito y las características físicas y topográficas de las calles del municipio.


Es así que las rutas deben estar planteadas de una manera tal que haga uso con eficiencia de los recursos físicos y humanos para lograr la productividad de un servicio competitivo.

Para el diseño de las macrorrutas, se tuvo en cuenta las recomendaciones del título F del RAS y otros aspectos que se resumen así:

- Se definió a partir de cartografía DANE la infraestructura vial de la zona y los centros poblados de interés para la prestación del servicio.
- A partir de las visitas de campo y las imágenes satelitales se delimitaron las áreas de caseríos y rural dispersa para la prestación del servicio.
- Debido a la falta de planos actualizados para los centros poblados rurales se elaboraron a partir de imágenes satelitales el manzaneamiento en cada una de las zonas de interés y se definió un buffer de 200 metros a lado y lado de la vía en el área rural dispersa de prestación del servicio.
- Se identificaron las contadas zonas comerciales e institucionales y se señalaron las zonas residenciales.
- Se hace una pre-delimitación por microrrutas.
- Se realizaron las microrrutas bajo las consideraciones, procurando la eficiencia del paso de una sola vez por calle y dos cuando sea necesario, dado que la misma entrada es la salida y se requirió, también se tuvieron en cuenta las condiciones propias que del territorio y se identificaron en campo.
- Se hace una revisión final de microrrutas, principalmente en sectores donde tuvieron que ser divididos en dos, buscando un número equivalente de cargas diarias.

Durante la elaboración de la microrruta se tuvo en cuenta los siguientes aspectos técnicos que permitieran reducción de tiempo y consumo de combustible:

- El inicio de la ruta se establece en el punto más cercano al sitio de parqueo del vehículo.
- Se procura que el inicio y terminación se haga cerca de vías principales.
- El punto de terminación se trató de establecer como el más cercano al relleno sanitario.
- Teniendo en cuenta que la recolección es por las dos aceras en algunos tramos de los centros poblados, se tuvo en cuenta minimizar giros en U y a la izquierda, procurando que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj con el menor número de giros, sin embargo, cabe

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

mencionar que debido a condiciones propias del territorio en algunos casos se realizaron giros a la en U o a la izquierda.

- Las microrrutas se trazaron de manera continua, es decir, que se evitó el traslape con calles de otras rutas y no se dejan zonas intermedias sin recolección.
- En las vías cerradas se consideró la entrada en reversa y la recolección marcha adelante.
- Se consideró la cantidad de residuos de los grandes generadores identificados en campo.
- Se evaluaron y tuvieron en cuenta la infraestructura de telecomunicaciones, eléctrica y de alumbrado público y se generaron alertas al municipio por algunas cuerdas caídas, cuya gestión hará que la ruta se lleve a cabo sin inconvenientes.
- Se identificaron puntos críticos para la recolección, algunos solamente por dificultad de acceso en época de lluvia y horario
- No se priorizó ninguna vía por horario de congestión vial, debido a que en general se trata de vías con bajo tráfico vehicular. A futuro no se proyecta que estas vías incrementen significativamente su tráfico.
- No se priorizaron zonas por topografía pendiente, dadas las condiciones de llanura de la zona.
- Se procura entre microrruta y microrruta minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos.
- Se consideró la cantidad de residuos generados en cada microrruta, para que el vehículo opere bajo las condiciones de diseño y prolongar su vida útil.
- Se tuvieron en cuenta las condiciones actuales de la vía, con lo cual se buscó que la parte final de las microrrutas el vehículo no pasara por las vías en peor estado, ya que pueden causar enterramientos.

4.19 Cálculo de los tiempos de recolección y recorrido de las rutas

A continuación, se enumeran los parámetros básicos para el cálculo de cada uno de los tiempos que hacen parte de la recolección y transportes de los residuos sólidos en área rural del municipio de Arauquita.

Capacidad del camión: Zona 1 (14 yd³) y Zona 2 (25 yd³)

Frecuencia de recolección: 2 días a la semana

Jornada de trabajo: 8 horas en lo posible

Distancia al sitio de disposición final: Depende del lugar donde finalice la ruta.

Para el presente diseño se asumirá:

Velocidad de recolección= 5Km/ h

Velocidad durante cargue de R.S. = 15 Km/h


Velocidad Vehículo vacío = 30 Km/h

Tiempo de descargue = 30 minutos.

Tiempo de almuerzo = 1 hora

Horas de trabajo por turno = 8 horas.

Para la determinación de las distancias de recolección, punto final de ruta al relleno sanitario, distancia garaje al punto inicial de ruta, distancia de recolección, distancia punto final relleno se tomaron medidas sobre información cartográfica con ayuda del software ArcGIS, a continuación, se observan algunas de las variables que se tuvieron en cuenta, cabe mencionar que en caso de requerir la información con mucha

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

más amplitud se recomienda dirigirse al documento formato Excel “3 Diseño recolección y transporte Arauquita”:

Tabla 31. Descripción de tiempos

D1 = Distancia Garaje-Punto Inicial (m)
D2 = Distancia Recolección (m)
D3 = Distancia Punto Final-Relleno (m)
D4 = Dist Regre Garaj o Ruta i (m)
Velocidad Recolección (km/h)
Velocidad Cargado (km/h)
Velocidad Vacío (km/h)
T1 =Tiempo Garaje-Punto Inicial (min)
T2 =Tiempo Recolección (min)
T3 =Tiempo Punto Final-Relleno (min)
T4 =Tiempo Descargue (min)
T5=Tiemp Regre Garaj o Ruta i (min)

Fuente: Autor

A partir de los anteriores tiempos y distancias mencionados en la tabla 30 se presentan las tablas con los tiempos totales recorridos obtenidos para cada una de las macrorrutas.

Tabla 32:Tiempo Total Recorrido (Minutos) zona 1


Ruta	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1-1	279,1	279,1	279,1	279,1	279,1	279,1	279,1	279,1
1-2	398,3	398,3	398,3	398,3	398,3	398,3	398,3	398,3
1-3	350,2	350,2	350,2	350,2	350,2	350,2	350,2	350,2
<i>SubTotal</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>	<i>1027,7</i>

Fuente: Autor

Para el tiempo total recorrido se tuvo en cuenta que el vehículo vacío se desplazará a una velocidad mucho mayor que cuando ya lleva en su interior residuos, también se tomó en cuenta que la vía que comunica a los centros poblados de la macrorruta 1-2 es pavimentada que, aunque en algunos tramos no está en buen estado es más transitable que una vía en afirmado o con pedregosidad considerable.

Tabla 33: Tiempo Total Recorrido (Minutos) Zona 2

Ruta	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2-1	490,1	490,1	490,1	490,1	490,1	490,1	490,1	490,1
2-2	390,7	390,7	390,7	390,7	390,7	390,7	390,7	390,7

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

2-3	444,1	444,1	444,1	444,1	444,1	444,1	444,1	444,1
SubTotal	1324,9	1324,9	1324,9	1324,9	1324,9	1324,9	1324,9	1324,9

Fuente: Autor

La zona 2 debido a la distancia que separa a todos sus centros poblados del relleno sanitario y teniendo en cuenta que posterior a la descarga hay que dirigirse a Puerto Jordán, lugar donde se localiza el sitio de parqueo del vehículo, demanda más tiempo en función de la distancia. Otro punto importante a tener en cuenta que influye en el tiempo recorrido total de la ruta 2-1 es la velocidad del vehiculó vacío y vehículo cargado en los caseríos de Las Cruces, El Futuro y El Temblador, ya que estos se localizan sobre una vía nacional (Ruta los Libertadores) lo que les permitiría alcanzar una mayor velocidad entre caserío y caserío.

Finalmente, una vez comprobado el tiempo total recorrido por cada una de las macrorrutas se presenta la siguiente tabla donde se puede observar la frecuencia de recolección de cada macrorruta, microrruta y día en que se debe prestar el servicio de recolección.

Tabla 34: Frecuencia y días de recolección zona 1


Macrorruta	Centros poblados	Veredas	Días					
			L	M	M	J	V	S
1-1	La Esmeralda	La Colorada y La Granja	X			X		
1-2	La Pesquera	Las Acacias, Puerto Nuevo, La Pica, Las Bancas, Campo Alegre, Peralaoonso, San Lorenzo (Bajo bandia), Campamento, El tutumal, San Carlos y La Esmeralda		X			X	
	El Troncal							
	El Campamento							
1-3	San Lorenzo	El Oasis, Rosa Bkanca, Aguachica, El Recreo, Los Chorros, La Paz, Guaymaral, El Triunfo y San Luis de Los Palmares.			X			X
	Aguachica							
	El Oasis							
	La Paz							
	Los Chorros							
	El Triunfo							
	La Victoria							

Fuente: Autor

Tabla 35: Frecuencia y días de recolección zona 2

Macrorruta	Centros poblados	Veredas	Días					
			L	M	M	J	V	S
2-1	Panamá de Arauca	Los Colonos y los Almendros						
	Las Cruces							
	Brisas del Caranal		X			X		
	El Futuro							
	El Temblador							
	Los Colonos							
2-2	Puerto Jordan A	Araguamey Puerto Jordan, Puerto Rico, Tropicales, Gaviotas de la Reserva, San Jose de Caranal		X			X	
2-3	Puerto Jordan B*	Santa Isabel, Mata de Coco, Union de los Cardenales y los Jardines			X			X

Fuente: Autor


	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

4.20 Resumen general macrorrutas proyectadas para año 2030

A partir de la información anteriormente presentada, se realizó la descripción resumida de los recorridos diseñados por cada una de las macrorrutas que cubren la zona del alcance del proyecto.

Tabla 36: Resumen macrorrutas zona 1

Macrorruta	Microrruta centro poblado	Centro Poblado / Sector	Veredas	Días de operación	Descripción de recorrido
1-1	1	La Esmeralda	La Colorada y La Granja	Lunes - Jueves	Esta macrorruta contempla la recolección y transporte únicamente en el centro poblado La Esmeralda y en las veredas La Colorada y La Granja. El recorrido inicia en la zona central de La Esmeralda en donde se parquea el vehículo, realizando la recolección y transporte de los residuos con un recorrido de 17,28 km y un tiempo estimado de 279,1 minutos que incluyen dos viajes al relleno Sanitario debido a la cantidad de residuos manejados y la cercanía al punto de disposición final.
1-2	2	La Pesquera	Las Acacias, Puerto Nuevo, La Pica, Las Bancas, Campo Alegre, Peralonso, San Lorenzo (Bajo bandia), Campamento, El tutumal, San Carlos y La Esmeralda	Martes - Viernes	La ruta inicia en el centro poblado La Pesquera en el que se recorren 4,32 km, para después dirigirse al centro poblado El Troncal pasando por las veredas por Las Acacias, Las Picas y Las Blancas con un recorrido promedio en el centro poblado El Troncal de 4,84 km. Posteriormente se toma la vía principal pasando por Campo Alegre, Peralonso y San Lorenzo hasta llegar a el Centro Poblado San Lorenzo en el que se recorren 2,74 km, enseguida vehículo toma la vía principal pasando por la vereda Campamento hasta el centro poblado El Campamento recorriendo en el 1,01 km. Finalmente se inicia el recorrido al relleno Sanitario haciendo la recolección alrededor de la vía principal en las veredas El Totumal, San Carlos y La Esmeralda. Esta Macrorruta tiene un tiempo aproximado de 398,3 minutos.
	3	El Troncal			
	4	El Campamento			
	5	San Lorenzo			
1-3	6	Aguachica	El Oasis, Rosa Blanca, Aguachica, El Recreo, Los Chorros, La Paz, Guaymaral, El Triunfo y San Luis de Los Palmares.	Miércoles - Sábado	La ruta inicia en el caserío La Victoria recorriendo 0,39km para posteriormente tomara la vía principal pasando por la vereda El Oasis, hasta llegar al centro poblado El Oasis en el que se recorren 2,94 km. En seguida se pasa por la vereda y el centro poblado Aguachica recorriendo 2,22 km en su interior, para después dirigirse a La Paz pasando a por las veredas Los Chorros, El Recreo, La Paz y Guaymaral aclarando que, aunque se pase por
	7	El Oasis			

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

	8	La Paz			<p>el centro poblado Los Chorros la recolección en este se realiza después del centro poblado La Paz. Finalmente se realiza la recolección en el centro poblado El Triunfo donde se recorren 1,79 km. Finalmente dirigen al relleno sanitario, realizando la recolección por la vereda el Triunfo y San Luis de Los Palmares. Este recorrido tiempo aproximado de 350,2 minutos.</p>
	9	Los Chorros			
	10	El Triunfo			
	11	La Victoria			

Fuente: autor

Tabla 37: Resumen macrorrutas zona 2

Macrorruta	Microrruta centro poblado	Centro Poblado / Sector	Veredas	Días de operación	Descripción de recorrido
2-1	12	Panamá de Arauca	Los Colonos y Los Almendros	Lunes - jueves	<p>La ruta inicia en el centro poblado Las Cruces realizando la recolección en 1,33 km, posteriormente se realiza en el centro poblado El Futuro con una longitud de 0,75km y en el Temblador con 0,47 km. Después se realiza la recolección en Panamá de Arauca uno de las más grandes de la macrorruta con un recorrido de 8,74 km. Se continua con los centros poblados Los Colonos (0,84km) y Brisas del Caranal (0,73 km), pasando por las veredas Los Colonos y Los Almendros, para finalmente dirigirse al relleno sanitario, con un tiempo estimado de 490,1 minutos</p>
	13	Las Cruces			
	14	Brisas del Caranal			
	15	El Futuro			
	16	El Temblador			
	17	Los Colonos			

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

2-2	18	Puerto Jordán A	Araguamey Puerto Jordán, Puerto Rico, Tropicales, Gaviotas de la Reserva, San Jose de Caranal	Martes - Viernes	La recolección en Puerto Jordan se realiza en dos macorrutas por el tamaño y la cantidad de residuos que se manejan en este centro poblado, la macorruta A se realiza en la zona nor-oriental recorriendo un total de 10,15 km recorridos en 92 manzanas, para despues iniciar el recorrido al relleno sanitario ubicado a 59,4 km, en este recorrido se realiza la recolección sobre la vía principal en las veredas Araguamey Puerto Jordán, Puerto Rico, Tropicales, Gaviotas de la Reserva y San Jose de Carana. Esta ruta tiene una duración aproximada de 390,7 minutos
2-3	19	Puerto Jordan B	Santa Isabel, Mata de Coco, Unión de los Cardenales y los Jardines	Miércoles - Sábado	La ruta B de Puerto Jordan se realiza la recolección en el sur-occidente de del centro poblado, recorriendo 14,9 km en 112 manzanas y además see realiza la recolección en el batallón de ejercito que es uno de los principales generadores de residuo en esta macorruta, posteriormente se inicia el recorrido al relleno sanitario realizando la recolección en las veredas Santa Isabel, Mata de Coco, Unión de los Cardenales y los Jardines.


Fuente: autor

Se aclara que la recolección y transporte en la zona rural dispersa de las 33 veredas que se encuentran dentro del alcance del proyecto se realizará en un área de 200m metros alrededor de la vía principal que comunica los centros poblados, como se puede observar en los planos de macorrutas.

Para este proceso de recolección y transporte se implementarán actividades de socialización y comunicación con la comunidad de dichas veredas, esto con el objetivo que la comunidad que está en la franja de los 200m alrededor de la vía presente los residuos aledaños a la vía para su posterior recolección, esta gestión debe ser realizada por el prestador.

5 INFRAESTRUCTURA DE DESTINO

El Relleno Sanitario Regional del Piedemonte Araucano se localiza en el predio El Prado de la vereda La Ceiba en el municipio de Arauquita, las coordenadas de la entrada del relleno son latitud 6°57'34.81"N, Longitud 71°36'1.34"O. El Relleno sanitario está actualmente a cargo de la administración municipal, siendo la secretaria de servicios públicos del municipio su encargado directo. Se cuenta con licencia ambiental otorgada por CORPORINOQUIA mediante la resolución No. 700.41.10-164 del 27 de octubre

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

de 2010 al proyecto “Construcción y Operación del Relleno Sanitario Regional, para Los Municipios Arauquita, Saravena, Fortul en el Departamento de Arauca y El Municipio de Cubará en el Departamento De Boyacá”; entrando en operación desde el año 2018.

Tabla 38: Aspectos generales relleno sanitario del Piedemonte Araucano


Área del predio	40 ha
Vida útil	30 años (No. 700.41.10-0164 de 2010 – Corporinoquia)
Capacidad del relleno	501.739 m ³
Tipos de residuos	Sólidos urbanos
Método de operación del relleno	Terraza
Fondo	Impermeabilización con arcilla y capa de geomembrana y geotextil
Elementos básicos de control y seguimiento	Trama vial circundante, Caseta de vigilancia, Cerco perimetral, Estación de pesaje, Almacén y oficinas
Tratamiento de lixiviados	Sistema de remoción de arena a través de un desarenado, un reactor anaerobio UASB seguido por una laguna de aireación, para vertimiento final a través de aspersión en el mismo predio o en zonas verdes.

Fuente: Resolución No. 700.41.10-0164 de 2010 – Corporinoquia

Las coordenadas que delimitan el Relleno Sanitario Regional Del Piedemonte Araucano según la licencia ambiental son:

Tabla 39. Coordenadas relleno sanitario

Mojon	N	E	Distancia
M1	1262356,414	1273122,153	547,30
M88	1262511,242	1273647,034	
M264	1262091,189	1273957,842	522,61
M325	1262009,547	1273519,278	449,11
M1	1262366,414	1273122,153	527,28
Área: 22 has 7723,425 m ²			
Mojon	N	E	Distancia
M326	1262004,384	1273525,324	444,81
M267	1262077,142	1273962,253	
M459	1261624,086	1273289,157	564,72

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

M417	1261596,094	1273050,996	271,88
M838	1261723,460	1273933,739	173,12
M326	1262004,384	1273525,324	495,88
Área: 16 Has 7105,973 m2			


Con el fin de referenciar las distancias de cada uno de los centros poblados, caseríos y veredas objeto del proyecto hasta el relleno sanitario regional del piedemonte Araucano, se presenta la siguiente tabla obtenida a partir de distancias de Google Maps.

Tabla 40: Distancias centros poblados y caseríos hasta el Relleno Sanitario

Centro poblado o Caserío	Distancia (km)
La Esmeralda	6,9
La Pesquera	53,5
El troncal	30,1
San lorenzo	17,1
El Campamento	14,3
Aguachica	20,2
El Oasis	25,4
Panamá de Arauca	53,9
La Paz	21,4
El triunfo	9,2
Brisas de Caranal	46,2
Los Colonos	50,3
Puerto Jordán	59,4
Los Chorros	14
La Victoria	29,7
Las Cruces	73,2
El Futuro	66,8
El Temblador	62,6

Tabla 41: Distancia veredas

No	Vereda	Distancia (km)
1	Puerto Rico	55,27
2	Tropicales	51,23
3	Gaviotas de la reserva	46,91
4	San José de Caranal	44,60
5	Santa Isabel	42,41
6	Mata de Coco	39,97

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó: SCE
		1		22-nov.-2022	

7	Unión de los Cardenales	37,58
8	Los Jardines	33,41
9	El Oasis	29,02
10	Rosa Blanca	24,98
11	Aguachica	22,24
12	El Recreo	19,59
13	Los chorros	15,40
14	El triunfo	9,80
15	San Luis de los Palmares	6,63
16	La colorada	0,41
17	La Granja	5,13
18	La Esmeralda	7,28
19	San Carlos	9,46
20	El Totumal	12,35
21	Campamento	16,33
22	San lorenzo (Baja Bandia)	19,26
23	Campo Alegre	31,65
24	La Pica	35,80
25	Las Bancas	42,30
26	Puerto Nuevo	46,79
27	Las Acacias	53,11
28	La Paz	18,54
29	Los Colonos	52,58
30	Los Almendros	47,30
31	Araguaney	57,99
32	Peralonso	24,31
33	Guaymaral	21,08

Se verifico el estado de las vías hacia y del relleno sanitario encontrando que la vía que conduce de La Esmeralda al punto de disposición final esta pavimentada, otro es el caso de la vía al interior del relleno que no está pavimentada, pero es transitable por los vehículos que ahí llegan. A continuación, se observa registro fotográfico del relleno regional del piedemonte Araucano proporcionado por la secretaria de servicios públicos del municipio.


	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Ilustración 13 : Entrada relleno sanitario



Fuente : Secretaria de servicios públicos, 2022

Ilustración 14: Vía al interior del relleno sanitario



Fuente : Secretaria de servicios públicos, 2022

Ilustración 15: Vista perfil celdas relleno sanitario



Fuente : Secretaria de servicios públicos, 2022

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev. 1	Estado	Fecha: 22-nov.-2022	Aprobó: SCE

Ilustración 16. Relleno Sanitario regional vereda La Ceiba



Fuente: Cumare, 2019

6 LUGAR DE PARQUEO VEHICULOS

Las empresas rurales encargadas de la operación de los vehículos compactadores serán ECADES E.S.P con sede en La Esmeralda (zona 1) y EMCUSAY E.S.P (zona 2) con sede en Puerto Jordan (zona 2), a continuación, mediante imágenes satelitales y coordenadas se evidencia su localización

Ilustración 17. Ubicación zona de parqueo ECADES E.S.P



Fuente : Google Earth Pro, 2022


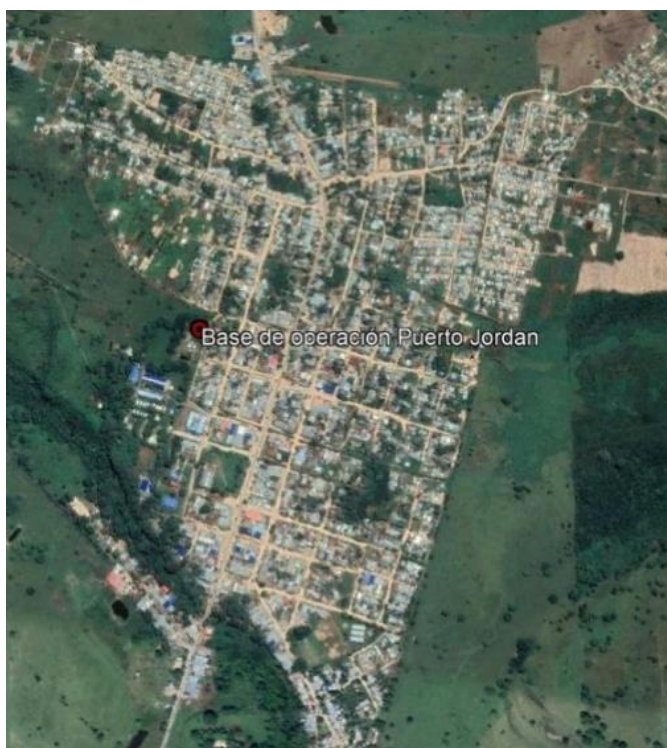
	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró:
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			PROASEPP
					Revisó:
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	PSI
1			22-nov.-2022	Aprobó:	
				SCE	

Tabla 42: Coordenadas base de operaciones ZONA 1 ECADES E.S.P (La Esmeralda)

Norte	Oeste
6°57'41.81" N	71°37'28.35" O

Ilustración 18. Ubicación zona de parqueo EMCUAY E.S.P




Fuente: Google Earth Pro, 2022

Tabla 43: Coordenadas base de operaciones ZONA 2 EMCUSAY E.S.P (Puerto Jordan)

Norte	Oeste
6°41'20.19" N	71°20'42.41" O

Para garantizar la conservación de los vehículos compactadores se tuvo en cuenta el estado de las instalaciones donde se parquean los vehículos actuales de ECADES E.S.P (Zona 1) y EMCUSAY E.S.P (Zona 2). En el centro poblado Puerto Jordán (EMCUSAY E.S.P) el vehículo es parqueado en las instalaciones del acueducto, las que se caracterizan por presentar un piso de grava y no contar con un techo que lo proteja, por otro lado, en el centro poblado La Esmeralda (ECADES E.S.P) parquea el vehículo en las instalaciones de la oficina administrativa, por lo que cuenta con piso de concreto, aunque al igual que en Puerto Jordan la estructura no tiene techo.

Estas características hacen necesarias las obras de adecuación de la zona de parqueo, estas obras serán ejecutadas y financiadas por las dos empresas que administrarán los vehículos en cada una de las zonas

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

mediante el recaudo de la prestación del servicio, adicionalmente se requiere la compra de una hidrolavadora

7 COMUNICACIÓN

Todo cambio en el ruteo debe ser notificado como mínimo 3 días de anterioridad, esto expresado en el artículo 35 del decreto 2981 del año 2013, adicionalmente el artículo 34 del mismo decreto menciona que:

La recolección se efectuará según horarios y frecuencias en las macrorrutas y microrrutas establecidas previamente en el programa de prestación del servicio, las cuales deberán darse a conocer a los usuarios, utilizando medios masivos de difusión de amplia circulación local. En las facturas de cobro del servicio público de aseo, deberá informarse las frecuencias de las diferentes actividades de recolección del servicio.


El prestador del servicio deberá publicar en la página web las rutas y horarios de prestación de las diferentes actividades de recolección del servicio.

8 COMPONENTES FUERA DEL ALCANCE

Es importante aclarar que si bien el alcance del proyecto no contempla la separación de residuos en la fuente, la recolección selectiva, el tratamiento, el aprovechamiento y la transferencia de residuos, una vez se implemente este proyecto y el municipio cuente con estos vehículos compactadores como herramienta en la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos en cumplimiento a las metas del programa del área rural del PGIRS vigente, la Alcaldía municipal de Arauquita y los prestadores del servicio de recolección y transporte deben planificar e implementar estrategias para promover el aprovechamiento de orgánicos en la zona rural dispersa, para promover el reciclaje de los residuos aprovechables y ejecutar acciones frente a los demás componentes mencionados, puntualmente desde el Plan de Gestión de Residuos Sólidos - PGIRS del municipio de Arauquita, cuya actualización se encuentra en curso.

9 CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta que se trata del diseño de la prestación de los servicios de recolección y transporte de residuos en una zona rural, donde las áreas de prestación son discontinuas, se agruparon dichas áreas en dos núcleos denominados Zona 1 y Zona 2, esto permite llevar a cabo la recolección y transporte de residuos de una forma mucho más eficiente y sin poner en riesgo el sistema de recolección producto de las distancias que tendría que abarcar un solo vehículo si se agruparan todos los centros poblados, es así que se podrá satisfacer la demanda real de transporte y recolección de residuos sólidos, mejorando también la calidad del servicio.
- Con la modernización de los vehículos de recolección y transporte de residuos se optimizan los tiempos de prestación del servicio, se reduce el número de viajes al relleno sanitario, se mejoran las condiciones de salud ocupacional y seguridad industrial para los operarios, se disminuye el riesgo de esparcimiento de residuos en vía pública, entre otros beneficios técnicos y operativos que sin duda garantizan la mejora de la prestación del servicio en términos de calidad, cobertura y continuidad.
- Para la elaboración de las microrrutas anexas a este documento fue fundamental la visita a campo, ya que esta posibilidad identificó generadores, obstáculos y vías en mal estado, logrando así una elaboración mucho más ajustada a la realidad del territorio lo que permite que estas sean ejecutadas de una forma más eficiente por parte de la persona encargada de guiar el vehículo a lo largo y ancho de todos los centros poblados.

	Fortalecimiento en Recolección y transporte, zona rural Arauquita	Código de Documento del Proyecto			Elaboró: PROASEPP
	Ingeniería, Facilidades y Construcción	DISEÑO DE LA RECOLECCIÓN Y EL TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA-ARAUCA			Revisó: PSI
	Nombre del Documento	Rev.	Estado	Fecha:	Aprobó:
		1		22-nov.-2022	SCE

10 ANEXOS

- Documento en formato Excel denominado “DISEÑO RECOLECCION Y TRANSPORTE ARAUQUITA.doc”
- Documento en formato Excel denominado “Conteo manzanas.docx”
- 1. Zona 1 Microrruta La Esmeralda
- 2. Zona 1 Microrruta La Pesquera
- 3. Zona 1 Microrruta El Troncal
- 4. Zona 1 Microrruta El Campamento
- 5. Zona 1 Microrruta San Lorenzo
- 6. Zona 1 Microrruta Aguachica
- 7. Zona 1 Microrruta El Oasis
- 8. Zona 1 Microrruta La Paz
- 9. Zona 1 Microrruta Los Chorros
- 10. Zona 1 Microrruta El Triunfo
- 11. Zona 1 Microrruta La Victoria
- 12. Zona 2 Microrruta Panamá de Arauca
- 13. Zona 2 Microrruta Las Cruces
- 14. Zona 2 Microrruta Brisas de Caranal
- 15. Zona 2 Microrruta El Futuro
- 16. Zona 2 Microrruta El Temblador
- 17. Zona 2 Microrruta Los Colonos
- 18. Zona 2 Microrruta Puerto Jordan A
- 19. Zona 2 Microrruta Puerto Jordan B